



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

## FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

## ÚSTAV VÝROBNÍCH STROJŮ, SYSTÉMŮ A ROBOTIKY

INSTITUTE OF PRODUCTION MACHINES, SYSTEMS AND ROBOTICS

## BRUSKA HOBLOVACÍCH NOŽŮ

PLANAR BLADE SHARPENING MACHINE

### BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

### AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Lukáš Kracík

### VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Jan Pavlík, Ph.D.

BRNO 2021



# Zadaní bakalářské práce

Ústav:	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky
Student:	<b>Lukáš Kracík</b>
Studijní program:	Strojírenství
Studijní obor:	Stavba strojů a zařízení
Vedoucí práce:	<b>Ing. Jan Pavlík, Ph.D.</b>
Akademický rok:	2020/21

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

## **Bruska hoblovacích nožů**

### **Stručná charakteristika problematiky úkolu:**

Obsahem práce je konstrukční návrh malé brusky pro ostření hoblovacích nožů. Max délka nože 350 mm.

### **Cíle bakalářské práce:**

Rozbor současného stavu vědy a techniky u řešené problematiky.

Návrh variant řešení a zdůvodnění výběru konkrétního řešení.

Konstrukční návrh zvolené varianty – 3D model.

Nezbytné výpočty potřebné pro návrh a dimenzování.

Výkresová dokumentace vybraných uzlů.

Závěr a doporučení pro praxi.

### **Seznam doporučené literatury:**

SHIGLEY, Joseph Edward, Charles R MISCHKE a Richard G BUDYNAS, VLK, Miloš, ed. Konstruování strojních součástí. Přeložil Martin HARTL. V Brně: VUTIUUM, 2010. Překlady vysokoškolských učebnic. ISBN 978-80-214-2629-0.

MAREK, Jiří. Konstrukce CNC obráběcích strojů III. Praha: MM publishing, 2014. MM speciál. ISBN 978-80-260-6780-1.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2020/21

V Brně, dne

L. S.

---

doc. Ing. Petr Blecha, Ph.D.  
ředitel ústavu

---

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.  
děkan fakulty

## **ABSTRAKT**

Hlavním cílem této bakalářské práce je zkonstruovat brusku hoblovacích nožů. Omezujícím parametrem je maximální délka hoblovacího nože 350 mm. Nejprve je nutné popsat metodu hoblování dřeva a používané hoblovací nože. V další kapitole bude provedena rešerše brusek hoblovacích nožů dostupných na trhu. V konstrukční části této práce budou navrženy tři koncepční varianty a zvolena ta nejvýhodnější. Poté budou vybrány potřebné komponenty a navržena samotná bruska hoblovacích nožů. Dále budou provedeny nezbytné výpočty a vytvořena výkresová dokumentace vybraných součástí.

## **ABSTRACT**

The aim of this bachelor thesis is to construct a planar blade sharpening machine. Limitation of the design is maximal length of planar blade, 350 mm. First it is necessary to describe method of wood planing and used planers machines. Subsequent chapter contains market guide to planar blade sharpening machines now available. In construction part of this thesis will be proposed three conceptual designs and the most applicable chosen. Then will be selected required components, the machine itself designed and also necessary calculations carried out. Drawing documentation of selected components will be attached.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

Bruska hoblovacích nožů, miskovitý brusný kotouč, broušení

## **KEYWORDS**

Planar blade sharpening machine, flaring cup grinding wheel, grinding



## **BIBLIOGRAFICKÁ CITACE**

KRACÍK, L. *Bruska hoblovacích nožů*, Brno, Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství. 2021, 67 s., Vedoucí bakalářské práce Ing. Jan Pavlík, Ph.D.



## **PODĚKOVÁNÍ**

Nejprve bych rád poděkoval mému vedoucímu bakalářské práce, Ing. Janu Pavlíkovi, Ph.D. za cenné rady, trpělivost a ochotu. Velké díky za podporu patří mé přítelkyni a rodině.



## **ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ**

Prohlašuji, že tato práce je mým původním dílem, zpracoval jsem ji samostatně pod vedením Ing. Jana Pavlíka, Ph.D. a s použitím literatury uvedené v seznamu.

V Brně dne 21.5.2021

.....

Lukáš Kracík



# OBSAH

<b>1</b>	<b>ÚVOD</b> .....	<b>15</b>
<b>2</b>	<b>HOBLOVÁNÍ DŘEVA</b> .....	<b>17</b>
2.1.1	Stroj .....	17
2.1.2	Nástroj .....	18
<b>3</b>	<b>TECHNOLOGIE BROUŠENÍ</b> .....	<b>21</b>
3.1	Princip broušení .....	21
3.2	Základní rozdělení broušení.....	21
3.2.1	Rovinné broušení .....	21
3.2.2	Broušení vnějších rotačních ploch.....	21
3.2.3	Broušení vnitřních rotačních ploch.....	22
3.2.4	Broušení tvarových ploch .....	22
3.2.5	Broušení nástrojů .....	22
3.3	Brusný nástroj .....	22
3.3.1	Materiál brusných zrn .....	22
3.3.2	Velikost brusných zrn .....	23
3.3.3	Pojivo brusného nástroje .....	23
3.3.4	Tvrdost brusného nástroje .....	23
3.3.5	Sloh brusného kotouče.....	23
3.3.6	Tvar brusného kotouče .....	23
3.3.7	Značení brusného kotouče .....	24
3.4	Podélné vedení .....	24
<b>4</b>	<b>REŠERŠE BRUSEK HOBLOVACÍCH NOŽŮ</b> .....	<b>25</b>
4.1.1	HMS700 Holzmann .....	25
4.1.2	MS 7000 Holzmann.....	26
4.1.3	MS 6000 Holzmann.....	27
4.1.4	MF206 .....	28
4.1.5	SVH 320 Tormek.....	28
4.1.6	Techtongda Straight knife grinder .....	29
4.1.7	Straight knife grider TG- 5000 .....	30
4.1.8	Porovnání uvedených brusek.....	31
<b>5</b>	<b>NÁVRH A VÝBĚR VARIANT BRUSKY</b> .....	<b>32</b>
5.1	Broušená součást.....	32
5.2	Návrh koncepčních variant .....	32
5.2.1	I. varianta .....	32
5.2.2	II. varianta.....	33
5.2.3	III. varianta .....	34
5.3	Výběr koncepční varianty .....	34
<b>6</b>	<b>KONSTRUKČNÍ NÁVRH ZVOLENÉ BRUSKY</b> .....	<b>37</b>
6.1	Volba vhodných komponent .....	37
6.1.1	Brusný kotouč .....	37
6.1.2	Elektromotor .....	38
6.1.3	Řezné síly .....	39
6.1.4	Nosná konstrukce .....	40
6.1.5	Vedení ve směru X .....	41
6.1.6	Vedení ve směru Z.....	43

6.1.7	Pohybové šrouby a příslušenství .....	44
6.2	Konstrukční provedení .....	44
6.2.1	Nosná konstrukce brusky .....	45
6.2.2	Nosná deska.....	46
6.2.3	Spojení elektromotoru a brusného kotouče .....	46
6.2.4	Vodící tyče s domky .....	47
6.2.5	Lichoběžníkové šrouby .....	48
6.2.6	Čelo .....	51
6.2.7	Upínač .....	51
6.2.8	Krytování.....	53
<b>7</b>	<b>ZHODNOCENÍ A DISKUZE .....</b>	<b>57</b>
<b>8</b>	<b>ZÁVĚR.....</b>	<b>59</b>
<b>9</b>	<b>SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ .....</b>	<b>61</b>
<b>10</b>	<b>SEZNAM ZKRATEK, SYMBOLŮ, OBRÁZKŮ A TABULEK.....</b>	<b>63</b>
10.1	Seznam symbolů.....	63
10.2	Seznam tabulek.....	64
10.3	Seznam obrázků.....	64
<b>11</b>	<b>SEZNAM PŘÍLOH.....</b>	<b>67</b>

# 1 ÚVOD

Hoblovky, protahovačky i malé elektrické ruční hoblíky spojuje společná komponenta a tou je hoblovací válec s upnutými noži. Při hoblování dochází k postupnému otupení nože. Muže také dojít ke kolizi s kovovým předmětem vrostlým do dřeva, nebo hřebíkem. Takový nůž je zapotřebí vyměnit nebo znovu naostřit a dále ho lze využívat. Výměna a koupě nového nože po prvním otupení je velmi neekonomická. Z tohoto důvodu se využívá broušení hoblovacích nožů. Broušení jde samozřejmě provádět na rovinných bruskách nebo nástrojových bruskách. Ovšem takovéto drahé zařízení nemá pro truhláře velké využití. Proto jsou na trhu dostupné brusky přímo pro broušení hoblovacích nožů.

V rešeršní části této práce je popsáno hned několik zcela odlišných konstrukcí brusek hoblovacích nožů dostupných na trhu. Jejich základní parametry jsou shrnuty v přehledné tabulce. Z kladů jednotlivých brusek jsou vytvořeny koncepční varianty a dle popsanych kritérii vybrána ta nejvýhodnější. Zvolená varianta je zkonstruována s ohledem na použití co nejvíce normalizovaných dílů a minimalizace třískového obrábění nebo svařování. Funkčnost konstrukce je potvrzena nezbytnými výpočty, zpracovaným 3D modelem a výkresovou dokumentací vybraných dílů.



## 2 HOBLOVÁNÍ DŘEVA

Hoblováním můžeme dosáhnout požadovaného rozměru nebo geometrické přesnosti výrobku. Také zlepšuje kvalitu povrchu. Dříve se metoda hoblování užívala i pro obrábění kovu. Dnes se tato metoda využívá primárně k obrábění dřeva. Dále je hoblování dřeva možné rozdělit na ruční a strojní. [1]

### 2.1.1 Stroj

Stojem pro hoblování je hoblovka. Nejčastěji se využívá v kombinaci s tloušťkovačkou. Toto zařízení je možné vidět na (Obr.2). Dalším univerzálním pomocníkem truhláře je ruční elektrický hoblík. [1]

Při strojním hoblování je sada hoblovacích nožů upnuta v hoblovacím válci. Válec je připevněn ke hnanému hřídeli a dosahuje otáček až  $9000 \text{ min}^{-1}$ . Válec se čtyřmi noži je vytištěn na (Obr.1). Hnaný hřídel je spojený s elektromotorem prostřednictvím řemenu nebo řetězu. Dřevěný materiál je posunován ručně po výškově nastavitelném stole proti směru rotace válce. Hloubka záběru nožů je nastavitelná zvedáním nebo spouštěním stolu vůči válci. Nejmodernější stroje využívají spirálový hoblovací válec. Zde se užívají speciálně broušené úzké nože. Toto řešení má mnoho výhod např. plynulý řez bez rázů, tišší chod a delší životnost břitu. [2]



Obr. 1) Hoblovací válec [3]

Protahování neboli tloušťkování se využívá k výrobě dvou rovnoběžných ploch a redukcí tloušťky rozměrnějších trámů a fošen. Materiál se zasouvá do protahovacího otvoru, kde je už dále strojně posouván podávacím válcem proti rotující spodní části hoblovacího válce. Válec hoblovky je rotační součást tvořená dvěma částmi: válcem s drážkami pro upínání nožů a otvorem pro spojení s hnaným hřídelem. Variantou je válec s osazeními pro ložiska a osazením pro řemenici. Na osazení s drážkou je nasunuta hnaná řemenice. Hoblovací nože jsou obvykle zasunuty v drážce a upnuty pomocí několika rozpěrných šroubů a přítlačného klínu. Na dně drážek se nachází pružiny. Ty vytlačují nůž z drážky při jeho výměně nebo seřizování.

Dle výkonu a rozměru hoblovky se v hoblovacím válci nachází tři až šest nožů. Je velmi důležité, aby nože z válce vyčnívaly stejně. K tomu slouží upínací přípravky. V případě nedodržení této podmínky se může stát, že jsou nože zatěžovány nerovnoměrně. Dochází k velkým rázům a zhoršení povrchu. [2]



Obr. 2) Hoblovka s protahem ADH 41 [4]

### 2.1.2 Nástroj

Hoblovacích nožů je na trhu stejně nepřehledné množství jako typů hoblovek a hoblíků. Dají se dělit dle materiálu, uhlu ostří, upínání do hoblovacího válce a dle základních rozměrů. Uhly ostří se pohybují od 35 ° pro měkké dřevo až do 40 ° pro dřevo tvrdé. Tloušťka je obvykle 3 mm, ale u speciálních nožů pro hoblovací válce se šroubovitou drážkou je tloušťka 1 mm. Tyto tenké nože se ve šroubovitě drážce natačejí. Jejich broušení je možné ve speciálním přípravku nebo přímo ve válci. Výška nože závisí pouze na hloubce drážky ve válci. Obvyklá výška se pohybuje od 12 mm do 35 mm. Délka nože je přímo úměrná délce válce. Běžné hoblovky mají hoblovací šířku 250 mm. Firma Pilina nabízí hoblovačky o hoblovací šířce až 650 mm. [5]

Základní rozdělení nožů dle materiálu je na nože značené jako HSS, HS, HLS a DS.

#### HSS 18 % W

Nože HSS jsou vyráběny z nástrojových ocelí dle ČSN třídy 19. Jedním z materiálů používaných na výrobu nožů typu HSS je ocel 1.3355 což je dle ČSN 19 824. Jedná se o legovanou nástrojovou ocel o obsahu 18 % wolframu. Nože s označením HSS se užívají na hoblování tvrdého dřeva. Tvrdost těchto nožů je 60 + 2 HRC. [6]

#### HS

Nože HS mají tělo z konstrukčních ocelí a břit z připájené břitové destičky ze slinutých karbidů. Hodí se pro obrábění tvrdého dřeva a desek s lepidlem. Jsou tepelně zpracovány a mají tvrdost 60 +2 HRC. Nůž je zobrazen na (Obr.3) [6]

### HLS

Nože HLS jsou obdobně jako HSS vyráběny z rychlořezných ocelí. Využívají se k velmi kvalitnímu obrábění měkkého dřeva. Příkladem používané oceli je 19 573 obsahující 12 % chromu a 1,5 % uhlíku. Tvrdost těchto nožů je 58 + 2 HRC. [6]

### DS

Nože DS se také označují jako HOBBY. Používají se na hoblování měkkého dřeva a jsou nejlevnější nabízenou variantou. Jsou tepenně zpracovány a mají tvrdost 57 +2 HRC. [6]



Obr. 3) Hoblovací nůž HS [5]



## 3 TECHNOLOGIE BROUŠENÍ

V této kapitole se budeme zabývat definicí pojmů broušení a základnímu rozdělení broušení. Důležitou částí je popis vlastností brusného kotouče jako je velikost zrn, materiál zrn, materiál pojiva nebo tvrdost. Konec této kapitoly je věnována značení brusných kotoučů a rozdělení kotoučů dle tvaru.

### 3.1 Princip broušení

Broušení je jednou z nejčastěji používaných dokončovacích metod třískového obrábění. Využívá se k dosažení vysoké přesnosti tvaru, rozměrů a drsnosti povrchu požadovaných ploch. Brusným nástrojem může být kotouč, kámen, segment nebo tělísko. Tento nástroj vykonává hlavní řezný pohyb. Kotouč nemá definovanou geometrii břítu. Je složen z brusných zrn a pojiva. Vedlejší pohyb příčný a podélný posuv vykonává obvykle stůl s obrobkem. Přísuv provádí nástroj. Brousit můžeme širokou škálu materiálů a zároveň můžeme obnovovat řezivost nástrojů, což nazýváme ostřením. Broušení se také používá k přípravnému obrábění a dělení materiálu. Za pomoci ručních brusek a různých kotoučů se odděluje materiál nebo odstraňuje koroze z povrchů. [7]

### 3.2 Základní rozdělení broušení

Broušení dělíme dle tvaru broušené plochy na broušení rovinné, broušení rotačních ploch a tvarové broušení. U broušení rotačních ploch uvažujeme upnutí obrobku mezi hroty. Pokud toto není možné, využijeme broušení na bezhrotých bruskách. Pro broušení rovinných ploch se nejvíce využívá upínání na magnetický stůl. Při broušení vnitřních ploch se do obrobku zasouvá brusný segment. Zvláštní kapitolou jsou nástrojové brusky takzvané ostříčky. U těchto strojů je obrobek tudíž nástroj upnut do přípravku. Nástrojová bruska dokáže kombinací posuvů a tvaru nástroje ostřit velmi složité tvary břítu nástroje. [7]

#### 3.2.1 Rovinné broušení

Metoda rovinného broušení je prováděna na rovinných bruskách. Tyto stroje se vyznačují magnetickým stolem pro upínání obrobků, na kterých může být broušená celá série obrobků najednou. Podle elektromagnetického stolu se jim také říká magnetky nebo brusky na plochu. Rovinné brusky mají nejčastěji horizontální osu rotace brusného kotouče. Kotouč se pohybuje svisle a určuje množství odebraného materiálu. Obrobek je nejčastěji upnut k elektromagnetické desce. Dále může být upnut ve svěráku nebo sklopném sinusovém svěráku. Pracovní stůl koná přímočarý vratný pohyb i posuv ve druhé vodorovné ose.

Jedná se o jednu z nejpřesnějších metod broušení rovinných ploch se schopností dosáhnout přesnosti rozměrů  $IT\ 3 \div 5$  a drsnosti povrchu  $Ra = 0,05 \div 0,40\ \mu m$ . Pro větší produktivitu se užívá svislá rovinná bruska. U těchto zařízení je brusný kotouč zaměněn za brusnou hlavu se svislou osou rotace. V hlavě jsou upnuty brusné segmenty. Roztečná kružnice, poníž jsou rozmístěny v hlavě segmenty, je větší než šířka upínacího stolu. Proto není zapotřebí posuv v druhé vodorovné ose a zůstává jen přímočarý vratný pohyb. [7]

#### 3.2.2 Broušení vnějších rotačních ploch

Pro tuto metodu je nejvíce užíváno hrotových brusek. Obrobek je upnut mezi hroty a jeho rotaci zajišťuje unašeč. Polotovar rotuje proti směru otáčení brusného kotouče. Hlavní řezný pohyb a

přísuv vykonává brusný kotouč, který dosahuje řezné rychlosti 20 až 35 m·s<sup>-1</sup>. Broušení rotačních ploch můžeme dále dělit dle pohybu kotouče v záběru na radiální a axiální.

Radiálním neboli zapichovacím broušením, jsou obráběny válcové plochy kratší, než je šířka kotouče. Axiálním způsobem, ve směru osy obrobku, jsou broušeny delší válcové nebo kuželové plochy.

Metodou bezhrotého broušení obrábíme rotační plochy součástí, u kterých je vyloučeno upnutí do hrotů. Takto můžeme brousit čepy nebo pístní tyče. Obrobek je umístěn mezi dva kotouče – brusný a přítlačný. Zároveň je broušená součást vedena podpěrným pravítkem. [8]

### **3.2.3 Broušení vnitřních rotačních ploch**

Při broušení vnitřních rotačních ploch je brusný kotouč nebo brusné tělíčko vždy menší než otvor díry. Hlavní rotační pohyb vykonává nástroj a smysl tohoto pohybu je vždy opačný proti rotaci obrobku. [7]

### **3.2.4 Broušení tvarových ploch**

K broušení tvarových ploch se užívá dvou základních metod. První z metod je zapichovací broušení za pomoci kotouče stejného profilu jako je požadovaná tvarová plocha. Tato metoda je hojně využívána pro broušení zubů ozubených kol. Druhou možností je využít kotouče běžného tvaru a počítačově řízeného stroje. [8]

### **3.2.5 Broušení nástrojů**

Nástrojové brusky jsou velmi specifické. Při broušení je zapotřebí dodržet správné úhly a rádiusy. Pro broušení nástrojů jako jsou frézy, závitníky a výstružníky je zapotřebí speciální brusky s příslušenstvím. Velmi důležitý je také zkušený brusič. [7]

## **3.3 Brusný nástroj**

Brusný nástroj je složen ze zrn brusiva a pojiva. Dále je určen tvarem, tvrdostí, slohem a velikostí zrn. Jedná se o mnohábřitý nástroj s nedefinovanou geometrií břitu. Pokud se hrany zrn otupí a nedojde k jejich uvolnění nebo se zanesou póry třískami je nutné kotouč orovnat. K orovnáni používáme krystal umělého diamantu nebo korundu upnutého v držáku. Tento přípravek upneme ke stolu brusky a orovnáme kotouč. Doba od naostření kotouče po jeho otupení a nemožnost dále obrábět je nazývána trvanlivost.

Při broušení dochází k uvolňování otupených zrn a tím k samoostření nástroje. Samoostřením se také zabraňuje zanášení kotouče nečistotami. Brusné kotouče se dělí dle tvaru a materiálu brusiva. Dále se rozlišují kotouče k obrábění čelem nebo válcovou plochou kotouče. Kromě kotoučů využíváme k obrábění také brusná tělíčka, segmenty a brousící kameny. [8]

### **3.3.1 Materiál brusných zrn**

Brusivo je velmi tvrdý stejnoměrně zrnitý materiál. Obrobek je broušen hranami brusiva. Nejčastěji se užívá Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – oxid hlinitý (umělý korund), SiC – karbid křemíku (karborundum) a umělý diamant. Materiál brusiva je volen v závislosti na materiálu obrobku. Oxid hlinitý je vhodný pro broušení oceli, oceli na odlitky, temperované litiny a pro tvrdé bronzy. Karbid křemíku se používá pro broušení mědi, mosazi, slinutých karbidů, lehkých kovů, šedé litiny, skla a keramiky. [7]

### 3.3.2 Velikost brusných zrn

Zrnitost je určena dle počtu ok síta na délku jednoho palce, kterým zrno naposledy propadne. Vhodnou zrnitost volíme dle požadované drsnosti povrchu. Pro menší drsnost volíme menší zrna. Pokud se jedná o měkčí materiál volíme zrna větší. [7]

### 3.3.3 Pojivo brusného nástroje

Pojivo spojuje brusná zrna do požadovaného tvaru. Má přímý vliv na samoostření kotouče. Jeho množství a druh určuje tvrdost. Nejpoužívanějším materiálem pojiva je keramika. Keramické kotouče jsou odolné vůči olejům a chladicím emulzím. Vyrábějí se odléváním nebo lisováním. Suší se a následně vpalují. [7]

### 3.3.4 Tvrdost brusného nástroje

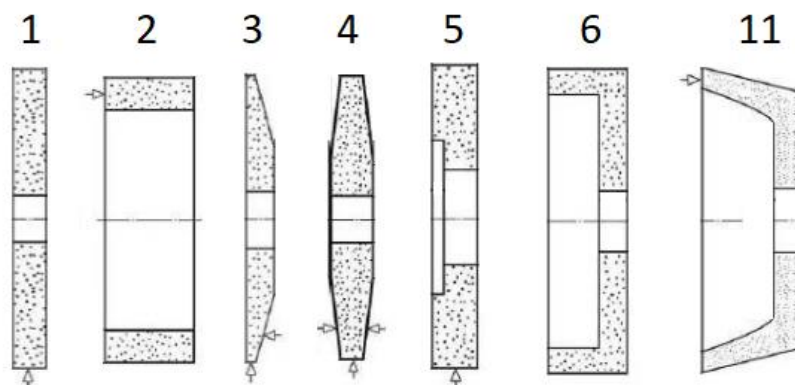
Tvrdost kotouče nemůžeme být chápána doslovně. Jedná se o soudržnost pojiva se zrny brusiva a tím vliv na samoostření. Pro tvrdší materiál volíme měkčí kotouč, a naopak pro měkčí materiál tvrdší kotouč. Tak zajistíme správné obnovování kotouče vylamováním otupených zrn. [7]

### 3.3.5 Sloh brusného kotouče

Sloh neboli hutnost udává velikost pórů v kotouči. Čím je menší pórovitost, tím je menší číslo. Hutný kotouč má malé póry a brousí jemněji. V pórech vznikají menší třísky. Hodí se pro broušení tvrdých a křehkých materiálů. Pórovité kotouče po sobě zanechávají hrubší povrch. Nezanášejí se třískami a vedou k větší produktivitě. Jejich nevýhodou je nasákavost a následné nevyvážení. Používají se pro broušení houževnatých materiálů. [7]

### 3.3.6 Tvar brusného kotouče

Nejvíce využívaným tvarem kotouče je bez pochyby plochý kotouč. Zde na obrázku (Obr. 4) je vyobrazeno jen několik základních typů (tvarů). Jejich číslování odpovídá značení dle ČSN ISO 525. Dále je šipkou naznačeno, která plocha u daného kotouče slouží k obrábění. [7]



Obr. 4) Základní typy tvarů brusných kotoučů [7]

1. Ploché kotouče
2. Prstencové kotouče
3. Kuželové kotouče
4. Oboustranně kuželové kotouče
5. Jednostranně vybrané kotouče
6. Hrnčovitě kotouče
11. Miskovitě kotouče

### 3.3.7 Značení brusného kotouče

Značení brusného kotouče je normalizováno dle normy ČSN ISO 525 tak, aby každý rozpoznal základní vlastnosti kotouče. Ukázka značení v tabulce (Tab. 1). [8]

Tab 1) Značení brusných kotoučů dle ČSN ISO 525 [8]

Pořadí značky:	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.
Označení kotouče:	1	300 x 50 x 76	A	36	L	5	V	35

1. Typ tvaru
2. Základní rozměry
3. Materiál
4. Velikost zrn (zrnitost)
5. Tvrdost
6. Pojivo
7. Maximální obvodová rychlost [ $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ ]

Uvedený kotouč je plochého tvaru o vnějším průměru 300 mm, tloušťce 50 mm, vnějším průměru 76 mm. Zrna jsou vyrobena z umělého korundu. Kotouč je střední zrnitosti. Je využito keramického pojiva a maximální obvodová rychlost uváděného kotouče je  $35 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ . [8]

### 3.4 Podélné vedení

Vedení umožňuje vzájemný pohyb dvou součástí stroje. Pohyb může být lineární nebo kruhový. Zároveň přenáší zatížení do rámu stroje. Pohyblivá část vedení se nazývá saně a pevná část lože. Při užívání vedení je kladen důraz na tuhost, přesnost a co nejmenší tření mezi ložem a saněmi. Důležité je zabránit vniknutí nečistot do prostoru mezi pevnou a pohyblivou část. Vedení musí umožňovat dodatečné vymezení vůle. [9]

Podélné vedení se dále dělí dle tření na kluzné a valivé. Kluzné vedení se vyznačuje stejně jako kluzné ložisko velkou stykovou plochou. Využívá se pro menší rychlosti posuvů. Je poměrně nenáročné na výrobu a má malé rozměry. Kluzné vedení se dále dělí dle tvaru průřezu kolmého ke směru pohybu na kruhové a hranolové. Samotné kruhové vedení má dva stupně volnosti, a proto se využívá v kombinaci s perem, podpěrou nebo ve dvojici. Valivé vedení mají bezesporu výhodu ve větší tuhosti a méně se zahřívají. [9]

## 4 REŠERŠE BRUSEK HOBLOVACÍCH NOŽŮ

V současné době se na trhu vyskytují menší stolní brusky vhodné pro každou truhlářskou dílnu i profesionální stroje, které může využít velký truhlářský závod. Dalším souvisejícím sortimentem jsou přípravky připevnitelné ke kotoučové brusce vhodné pro každého domácího kutila.

Jedním z nejdůležitějších parametrů brusek na hoblovací nože je maximální délka broušeného nože. Dále je důležité nastavení požadovaného úhlu břitu, funkce strojního posuvu, přítomnost technologie pro chlazení nástroje a obrobku chladicí kapalinou.

### 4.1.1 HMS700 Holzmann

S rozměry 1170 x 620 x 1300 mm a váhou 240 kg se bruska HMS700 může řadit mezi stroje patřící do profesionálních brusíren nástrojů a velkých dřevozpracujících závodů. Výkon hlavního elektromotoru je 1,5 kW při otáčkách 2800 min<sup>-1</sup>. Délka broušení je uváděna 700 mm a rozsah úhlů naklonění nožového držáku je 0 ° - 90 °. Toto zařízení nevyužívá ručních posuvů stolu, ale posuv je zajištěn strojně. Dále se tato bruska vyznačuje svislou osou rotace nástroje a využitím brusného kotouče miskovitého tvaru vyobrazeného na (Obr.5). Nutné je poukázat na ovládací panel, na kterém je možné ovládat pojezd doprava nebo doleva a spustit čerpadlo chladicí kapaliny. Přístroj je napájen střídavým proudem o napětí 400 V. [10]



Obr. 5) Bruska Holzmann HMS700 [10]

#### 4.1.2 MS 7000 Holzmann

Jedná se o stolní brusku výrobce obráběcích strojů Holzmann Maschinen. Bruska je vhodná pro broušení nožů do délky 630 mm. Toto zařízení má elektromotor umístěný vodorovně. Výkon motoru je 550 W při otáčkách  $2800 \text{ min}^{-1}$ . Využívá se zde hrncového tvaru kotouče a broušení je prováděno čelem. Hoblovací nůž je upnut v držáku, který je kluzně posouváný po vedení brousící lišty viz. (Obr.6). Lišta je se stolem spojena otočně. Toto spojení zajišťuje vhodné nastavení požadovaného úhlu břitu. Chybí tu však jakýkoli ukazatel nastaveného úhlu. Pracovník je odkázán na svůj odhad nebo externí úhloměr. Přísuv stolu a tím i držáku s nástrojem zajišťuje trapézový šroub. Stůl je dále uložen na dvojici vodících tyčí.

V podstavě stroje je umístěna vana s čerpadlem pro chladicí kapalinu. Ta je k brusnému kotouči dopravována hadicí. [11]



Obr. 6) Bruska Holzmann MS7000 [11]

### 4.1.3 MS 6000 Holzmann

Stolní bruska se svislou osou rotace brusného kotouče a elektromotorem umístěným v podstavě stroje je zobrazena na (Obr.7). Otáčky elektromotoru jsou  $2600 \text{ min}^{-1}$  při výkonu 375 W. Jedná se o velmi jednoduchý stroj, na němž se dají brousit hoblovací nože do délky 600 mm. Jednou z nejdůležitějších součástí je výškově pohyblivý stůl. Pohyb stolu je zajištěn za pomoci pohybového šroubu a k němu připevněného kola. Tento pohyb zajišťuje přísuv obrobku k rotujícímu kotouči, a tím i velikost odebírané třísky. Hoblovací nuž je upnut v držáku nože. [12]

Samotné broušení probíhá podélným ručním posuvem držáku nože po brousící liště. Lišta je připevněna ke stolu za pomoci sklopné desky. Ta zajišťuje správné nastavení úhlu břítu. Brusič přejíždí opakovaně nožem v držáku po čele brusného kotouče. Když přejezdy přes kotouč neprodukuje žádné jiskry, tak pracovník zkontroluje ostrost a kvalitu břítu. Pokud je zapotřebí další broušení, sníží výšku stolu a tím opět nastaví velikost odebírané třísky. [12]

Příslušenství k brusce dále obsahuje přípravky pro broušení vrtáků a dlát. Tento model jakkoliv neřeší chlazení obrobku a brusného kotouče. [12]



Obr. 7) Bruska Holzmann MS 6000 [12]

#### 4.1.4 MF206

Ostříčka hoblovacích nožů MF206 s výkonem elektromotoru 500 W při otáčkách 2800 min<sup>-1</sup> je zobrazena na (Obr.8). Vyznačuje se litinovou konstrukcí a nádrží umístěnou v prostoru nad brusným kotoučem. Toto uspořádání umožňuje chlazení samospádem chladicí kapaliny. Maximální délka broušeného nože je uváděna 630 mm. Díky náklonnému držáku nože je možno brousit uhle ostří od 25 ° do 90 °. [13]



Obr. 8) Bruska MF 206 [13]

#### 4.1.5 SVH 320 Tormek

K brusce Tormek T8 je možno zakoupit podpěrný přípravek a držák nožů SVH 320. Tato kombinace výrobku je zobrazena na (Obr.9). Výrobce uvádí, že je v tomto přípravku možné brousit jakkoli dlouhé nože, avšak na více upnutí. Možnost brousit dlouhý nuž na více upnutí ubírá na přesnosti ostří. Na jedno upnutí je možno nabrousit nuž do délky 270 mm. Výše jmenovaná bruska má výkon elektromotoru 200 W při napětí 220 V a otáčky 90 min<sup>-1</sup>. Brusný kotouč je chlazen broděním kapalinou ve vaně. [14]



Obr. 9) Bruska s přípravkem pro broušení hoblovacích nožů SVH 320 [15]

#### 4.1.6 Techtongda Straight knife grinder

Bruska hoblovacích nožů má svislou osou rotace nástroje. Jedná se o poměrně levné zařízení, které je schopno brousit nože do maximální délky 400 mm. Brusný kotouč je poháněn elektromotorem o výkonu 750 W při napětí 220 V a otáčkách 2800 min<sup>-1</sup>. Zařízení využívá hrncovitý kotouč, který obrobek brousí svým čelem. Elektromotor je uložen posuvně na stojanu. Svislý pohyb kotouče a elektromotoru zajišťuje šroub. Tento pohyb určuje množství odebraného materiálu z obrobku. Dále je stojan uložen na podélném vedení zajišťující posuv brusného kotouče po hoblovacím noži. Brusič při broušení pohybuje ručně elektromotorem po vedení a tím ostří nůž. Upínací lišta je náklonná a umožňuje brousit požadovaný uhel břítu. Na (Obr.10) stojí za povšimnutí jednoduché a efektivní chlazení samospádem vody z nádrže umístěné nad úrovní brusného kotouče. Chladicí kapalina je poté zachytávána vanou umístěnou ve spodní části stroje. Výborně je navrženo krytí podélného vedení plechy před dopadem rozžhavených třísek. [16]

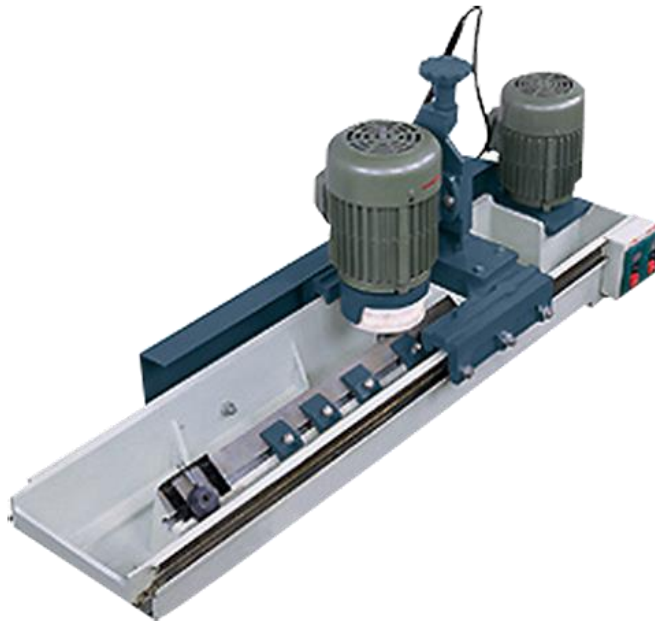
Velmi zajímavě je také řešen způsob spojení upínek a podložek se stole. Ve stole je vyfrézována T – drážka. Do ní se z boku zasouvají kameny se šrouby. Tudíž podložky a upínky je možné libovolně posouvat po stole. Inspirující jsou i kruhové podložky s excentricky vyvrtanou dírou. [16]



Obr. 10) Techtongda Straight knife grinder [16]

#### 4.1.7 Straight knife grider TG- 5000

Bruska má velmi zajímavou konstrukci. Stůl je umístěn na dně robustní litinové vany. Stroj je zobrazen na obrázku (Obr.11). Na delších okrajích této vany jsou uložena podélná vedení, které nesou stojan s elektromotorem. Motor je uložen svisle a je možný jeho svislý posuv. Konstrukce také využívá hrncovitý kotouč. Podélný posuv je zajištěn pohybovým šroubem, který je poháněn druhým elektromotorem. Nože jsou upínány ke stolu upínkami uloženými v T – drážce. Výkon elektromotoru pohánějícího brusný kotouč je 373 W a otáčky 2700 min<sup>-1</sup>. Bruskou lze brousit nože do 660 mm. [17]



Obr. 11) Straight knife grider TG – 5000 [17]

#### 4.1.8 Porovnání uvedených brusek

Nejpodstatnější vlastností brusek hoblovacích nožů je maximální délka broušeného nože. Výše uvedené brusky se dají srovnávat dle dalších kritérií, např. dle výkonu elektromotoru, otáček elektromotoru, hmotnosti, pořizovací ceny nebo jestli je k brusce dodáván systém chlazení nástroje a obrobku. Srovnávané parametry jsou uvedeny v (Tab. 2).

Tab 2) Porovnání základních parametrů brusek [16], [17], [13], [11], [14]

základní parametry stroje:		Brusky hoblovacích nožů:						
		HMS700	MS 7000	MS 6000	MF206	Bruska Tormek T8 a přípravek SVH 320	Techtongda Straight knife grinder	Straight Knife Grinder TG-5000
maximální délka broušeného nože	L max [mm]	700	630	600	630	270	400	660
Výkon el.	P [W]	1500	550	375	500	200	750	373
Otáčky el.	N <sub>k</sub> [min]	2800	2800	2600	2800	90	2700	2700
Průměr brusného kotouče	D <sub>k</sub> [mm]	150	100	150	100	250	125	125
Řezná rychlost	v <sub>c</sub> [m/s]	22	15	20	15	1	15	18
Napětí	U [V]	400	400	230	230	230	230	230
Hmotnost zařízení	m [kg]	240	65	35	65	14,8	48	145
Pořizovací cena	[Kč]	47807,-	14284,-	7145,-	16213,-	1900,- +4412,-	15729,-	73390,-
Chlazení	ano/ne	ano	ano	ne	ano	ano	ano	ne

Bruska Tormek je velmi specifická svými nízkými otáčkami. U brusek bývají běžné vysoké otáčky okolo 2800 min<sup>-1</sup>.

V tabulce není uvedeno, zda má bruska vlastní stojan nebo nemá. Jedinou uváděnou brusku se stojanem je HMS700 Holzmann. Brusky bez stojanu musí být umístěny na stole. Tudíž se jedná o stolové brusky.

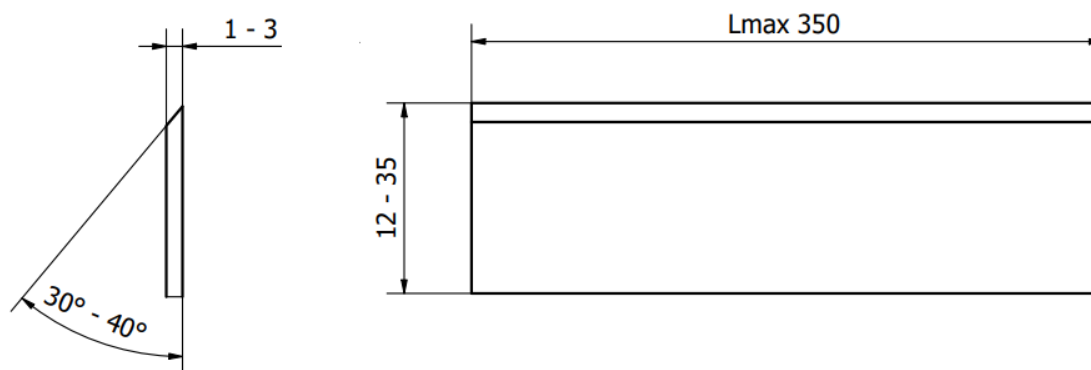
Zajímavým parametrem je dopočítána řezná rychlost. Obvyklé řezné rychlosti u broušení se pohybují od 20 do 35 m·s<sup>-1</sup>. U zařízení uvedených v tabulce se řezná rychlost pohybuje od 15 do 22 m·s<sup>-1</sup> s výjimkou pomalu nízko otáčkové brusky Tormek. [14]

## 5 NÁVRH A VÝBĚR VARIANT BRUSKY

Cílem této části je navrhnout varianty konstrukčního řešení, jejich porovnání a zvolení té nevhodnější. Konstrukce stroje by se měla držet několika základních zásad, jako je bezpečnost, funkčnost, výrobitelnost, životnost a konkurenceschopnost.

### 5.1 Broušená součást

Zadanou broušenou součástí je hoblovací nůž o maximální délce 350 mm. Navrhovaná bruska by měla dále umožnit brousit nože z nástrojové oceli o tloušťce od 1 mm do 3 mm, výšce od 12 mm do 35 mm, úhlu ostří od  $35^\circ$  do  $40^\circ$  a tvrdosti do 62 HRC. Náčrt popisovaného nože s rozsahy rozměrů je na (Obr.12). [6]



Obr. 12) Obrázek nože s požadovanými rozsahy rozměrů

### 5.2 Návrh koncepčních variant

Teoreticky existuje mnoho možností, jak uspořádat konstrukci brusky hoblovacích nožů. Několik z nich bylo uvedeno v rešeršní části této práce. Zde jsou navrženy koncepční varianty s ohledem na jednoduchost výroby, nízkou hmotnost, tuhost, malé rozměry a cenu.

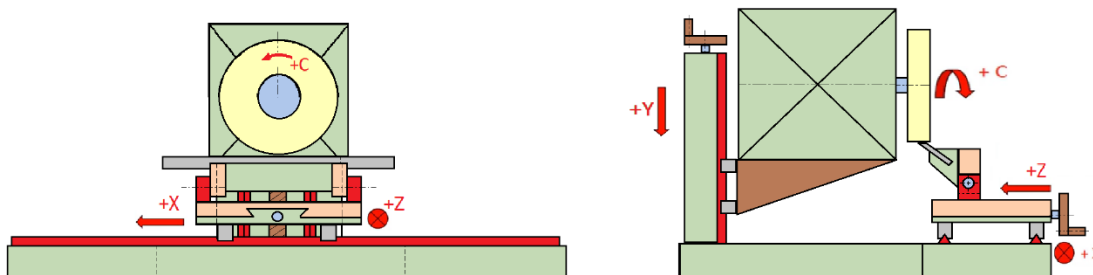
Všechny koncepční varianty musí splňovat základní požadavky. Zařízení má být ovládáno ručně. Broušení by mělo být prováděno brusným kotoučem poháněným elektromotorem. Bruska musí ostřit hoblovací nože výše popsaných parametrů. Bude se jednat o stolní brusku (umístěnou na jakémkoliv pracovním stole).

#### 5.2.1 I. varianta

U první varianty je volen plochý kotouč a broušení probíhá obvodem kotouče. Broušení obvodem kotouče zajišťuje kvalitnější povrch broušené součásti. Osa rotace elektromotoru je vodorovná. Pokud budeme trvat na co největší univerzálnosti brusky, tak budeme trvat na pohybu ve všech třech osách.

Elektromotor s kotoučem je uložen na pohyblivé konzole. Konzola je posuvně uložena na svislém stojanu. Posuv konzoly je umožněn pomocí vedení a pohybového šroubu, jako je znázorněno na (Obr.13). Lineární pohyb v rovině X a Z je zajištěn stolem. V horizontální rovině X se stůl pohybuje po kluzném vedení. Tento pohyb bude vykonávat brusič tlačení stolu rukou, a tím odebírat materiál z obrobku. Vedení v této ose musí být dostatečně dlouhé. Pokud bude stůl s upnutým obrobkem o maximální délce v krajní pozici, tak se kotouč nesmí dotýkat obrobku. Tato podmínka zajišťuje, že v brusce bude možné brousit požadovanou délku nožů.

Pohyb v ose Z je umožněn díky vedení a pohybovému šroubu. Umožní pracovníkovi vyjet s obrobkem z pod kotouče a pohodlně vyjmout nabroušený nástroj. Neméně důležitou součástí je upínač, který je se stolem spojen otočně a umožňuje nastavení vhodného uhlu ostří.



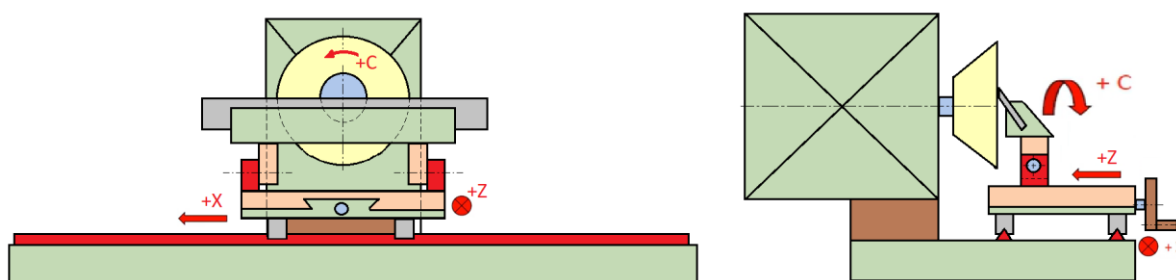
Obr. 13) I. Koncepční varianta brusky hoblovacích nožů

Broušený povrch je kvalitnější díky tomu, že broušení probíhá obvodem kotouče, a ne jeho čelem. Nevýhodou tohoto konstrukčního řešení je potřeba pohybu ve svislé ose. To vede ke složitější konstrukci a větší hmotnosti. Stůl dovoluje pohyb ve dvou rovinách, upnutí obrobku a náklon broušeného nože. Jeho složitost vede k poměrně vysoké konstrukci.

### 5.2.2 II. varianta

Druhá varianta využívá miskovitý brusný kotouč a horizontálně umístěné osy rotace elektromotoru. Toto řešení umožňuje vyřadit z konstrukce pohyb ve svislé ose a zjednodušuje konstrukci těla brusky. Stroj si přitom zachovává svou schopnost brousit nože různých výšek. Konstrukce s miskovitým kotoučem a pevně uloženým motorem je vyobrazena na (Obr. 14).

Řezný pohyb vykonává nástroj. Ostatní pohyby provádí stůl s upnutým obrobkem. Podélný pohyb v ose X je zajištěn pomocí kluzného vedení. Přísuv obrobku k brusnému nástroji v ose Z je zajištěn pomocí rybinové drážky a pohybového šroubu. Pohyblivý stůl je s upínací částí otočně spojen čepy. Otočné spojení umožňuje nastavit požadovaný úhel ostří.



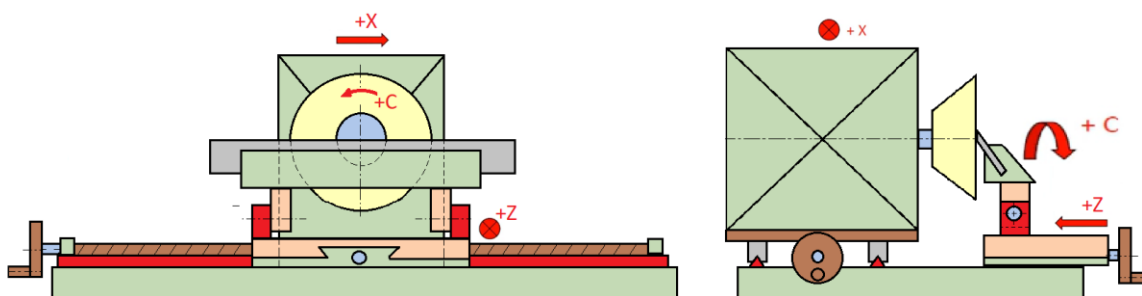
Obr. 14) II. Koncepční varianta brusky hoblovacích nožů

Nevýhodou této konstrukční varianty je, že stůl s upínací částí vykonává všechny pohyby kromě řezného. Díky tomu je poměrně složitý a vysoký. Z tohoto důvodu bude muset být elektromotor podložen tak, aby brusný kotouč dosáhl výšky broušeného nože.

Výhodou této konstrukce je v již popisované nepotřebnosti pohybu ve svislé ose. Elektromotor je uložen nepohyblivě a tuze.

### 5.2.3 III. varianta

Poslední varianta rovnoměrně rozděluje potřebné pohyby stroje mezi stůl s obrobkem a elektromotor s brusným kotoučem. Elektromotor zajišťuje hlavní rotační řezný pohyb a posuv ve vodorovné ose X. Díky tomu, že se v ose X posouvá brusný kotouč je zapotřebí kratší kluzné lineární vedení. Posuv v této ose musí být prováděn pomocí pohybového šroubu a kliky. Pohybový šroub je schematicky znázorněn na (Obr. 15). Elektromotor je umístěn za sestavou stolu, tudíž při jeho posuvu manuálně rukou by mohlo dojít o poranění o kotouč.



Obr. 15) III. Konceptní varianta brusky hoblovacích nožů

Nevýhodou u této varianty je složitější pohyb v ose X. Sice se zkrátí délka lineárního vedení a zmenší se velikost brusky, ale nejspíš bude zapotřebí pohybového šroubu.

## 5.3 Výběr konceptní varianty

K zvolení nejvýhodnější varianty bude použita multikriteriální analýza. Každá z uvedených variant bude posuzována vzhledem k několika kritériím. Těmto kritériím bude přiřazena váha od 1 do 5, kdy je 1 nejméně důležité a 5 nejdůležitější kritérium. Poté budou body jednotlivých konstrukčních variant sečteny. Konstrukční varianta s nejvyšším počtem bodů bude ta nejvhodnější vzhledem ke stanoveným kritériím. Posuzované kritéria jsou uvedena níže. Přidělené body a jejich váha jsou zobrazeny v (Tab. 3).

### Kvalita obrobeného povrchu

Kvalita broušeného povrchu je zásadní pro výslednou texturu povrchu hoblovaného dřeva. Přesto rozdíl drsnosti mezi čelním a obvodovým broušením nebude markantní. Z tohoto důvodu se váha kritéria nachází mezi méně důležitými.

### Tuhost konstrukce

Kritérium tuhosti je velmi důležité. V této fázi konstrukčního návrhu je možné ho ovlivnit rovnoměrným rozdělením pohybů mezi brusný kotouč a obrobek. Pokud by všechny pohyby vykonával obrobek, tak by došlo k nízké tuhosti spojení hoblovacího nože a základny stroje. Upínač s obrobkem by musel zajistit posuv, přísuv a náklon pro broušení požadovaného úhlu ostří.

### Délka podélného vedení

Podélné vedení bude jednou z nejdražších pořizovaných komponent. Proto je jeho potřebná délka kritériem ovlivňující celkovou cenu zařízení. Přejít z konstrukce s plochým kotoučem na miskovitý brusný kotouč ušetří zařízení pohyb v jedné rovině a tím i délku potřebného vedení. Přejít z podélného pohybu upínače s obrobkem na posuv elektromotoru s brusným

kotoučem ušetří na délce podélného vedení odhadem 200 mm. Toto řešení ovlivňuje i celkové rozměry stroje.

### Hmotnost zařízení

V této fázi konstrukce stroje můžeme pouze předpokládat nejtěžší konstrukci.

### Výška stroje

Toto kritérium je jedno z ovlivňujících celkové rozměry stroje. Je snahou konstruktéra stavět zařízení tak, aby plnilo požadovanou funkci při co nejmenších rozměrech.

Tab 3) Výběr koncepční varianty

i	Kritéria	Váha $R_i$	pořadí koncepční varianty vůči kritériu $V_i$		
			I.	II.	III.
1	Jednoduchost konstrukce	5	1	3	2
2	Délka podélného vedení	4	1	2	3
3	Hmotnost zařízení	3	1	2	3
4	Kvalita obrobeného povrchu	2	2	1	1
5	Výška stroje	1	1	2	3

Součet bodů pro jednotlivé koncepční varianty je proveden v rovnicích (1), (2) a (3).

$$S_1 = \sum_{i=1}^5 (R_i \cdot V_{iI}) = 1 \cdot 5 + 1 \cdot 4 + 1 \cdot 3 + 2 \cdot 2 + 1 \cdot 1 = 17 \quad (1)$$

$$S_2 = \sum_{i=1}^5 (R_i \cdot V_{iII}) = 3 \cdot 5 + 2 \cdot 4 + 2 \cdot 3 + 1 \cdot 2 + 2 \cdot 1 = 33 \quad (2)$$

$$S_3 = \sum_{i=1}^5 (R_i \cdot V_{iIII}) = 2 \cdot 5 + 3 \cdot 4 + 3 \cdot 3 + 1 \cdot 2 + 3 \cdot 1 = 36 \quad (3)$$

Z výsledků rovnic (1), (2) a (3) vyplývá, že vzhledem ke kritériím je nejvhodnější koncepční variantou III. varianta



## 6 KONSTRUKČNÍ NÁVRH ZVOLENÉ BRUSKY

V této kapitole budou zvoleny nakupované komponenty. Cílem je minimalizovat cenu ale ne na úkor funkčnosti a bezpečnosti. Poté bude vytvořen model v softwaru Autodesk Inventor. Zároveň budou provedeny nezbytné výpočty a simulace.

### 6.1 Volba vhodných komponent

Před konstruováním stroje musím mít vybrané základní komponenty, jako je brusný kotouč a elektromotor. Brusný kotouč volím vzhledem k broušené součásti. Elektromotor mohu zvolit až poté, co znám i brusný kotouč. Dále mohou být zvoleny ostatní nakupované komponenty. Většina volených komponent je na sobě přímo závislá. Vždy musí být zohledněn vztah k ostatním součástem.

#### 6.1.1 Brusný kotouč

Z již uvedených důvodů volíme kotouč miskovitého nebo hrncovitého tvaru, který bude brousit hoblovací nože z nástrojových ocelí třídy 19 o maximální tvrdosti 62 HRC.

Společnost Tyrolit ve svém katalogu nabízí nepřebornou škálu brusných nástrojů. V tabulce (Tab. 4) je uvedena nabídka výhodná pro naši aplikaci. Jedná se o brusné kotouče vhodné pro broušení (ostření) nástrojů. Je vybíráno z kategorie nástrojů u kterých nemusí být kotouč při obrábění chlazen chladicí kapalinou a kotouče se smějí orovnávat. Tyto kotouče je možné použít pro broušení oceli do maximální tvrdosti 67 HRC.

Tab 4) Brusné kotouče Tyrolit [18]

Objednávkové Číslo:	Tvar:	Rozměr: D/J × T × H - W × E × K	Specifikace:	Řezná rychlost do: [m · s <sup>-1</sup> ]	cena: [Kč]
429702	11	100/71×40×20 - 8×10×56	49C 46 K 9 V 32	32	356
429708	11	125/92×45×32 - 7,5×12×80	49C 80 K 9 V 32	32	502
429715	11	150/114×50×32 - 10×12×100	49C 80 K 9 V 32	32	551
429542	6	150×80×32 - 12,5×16	99A 46 J 12 V 32	32	977

Kotouč hrncovitého tvaru si během provozu a postupného opotřebování zachovává svůj velký průměr, a tím se nemění jeho obvodová rychlost. Opotřebením miskovitého kotouče se mírně zmenšuje jeho průměr.

Přesto vzhledem k ceně volím brusný kotouč miskovitého tvaru o vnějším průměru 100 mm, označení 11 100/71×40×20–8×10×56 a specifikaci 49C 46 K 9 V 32. Jeho opotřebením a následným orovnáváním se bude zmenšovat velký průměr kotouče ale změna nebude příliš výrazná. Legenda k rozměrům zvoleného kotouče je vyobrazena na obrázku (Obr. 15).



Obr. 16) Mískovitý kotouč [18]

Z označení kotouče se dále dá vyčíst, že se jedná o kotouč vyrobený ze zeleného karbidu křemíku. Má jemnou zrnitost, střední tvrdost, otevřenou strukturu, keramické pojivo a maximální povolená rychlost je  $32 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ . Upínací otvor má průměr 20 mm s tolerancí 0 až + 0,2 mm. [18]

### 6.1.2 Elektromotor

Nejprve je zapotřebí zvolit otáčky brusného kotouče. Otáčky volíme vzhledem k rešeršní části této práce  $n_k = 2800 \text{ min}^{-1}$ . Dále je zapotřebí znát průměr brusného kotouče. Tento rozměr byl určen výše při volbě kotouče  $D_k = 100 \text{ mm}$ . Nyní spočteme řeznou rychlost  $v_c$  (4).

$$v_c = \frac{\pi \cdot D_k \cdot n_k}{60 \cdot 1000} = \frac{\pi \cdot 100 \cdot 2800}{1000 \cdot 60} = 14,7 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} \quad (4)$$

Pro výpočet průřezu třísky musíme znát úhel styku kotouče s obrobkem  $\varphi$  (6). Také musíme zvolit rychlost posuvu  $v_f = 3 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$  a hloubku řezu  $a_p = 0,04 \text{ mm}$ . Dalším potřebným rozměrem je tloušťka nože. Avšak nůž se brusného kotouče bude dotýkat pod úhlem ostří  $\alpha$  v předepsaném rozsahu  $30^\circ$  až  $40^\circ$ . Maximální tloušťka broušeného nože  $t$  je 3 mm. Tloušťka plochy stýkající se s kotoučem se vypočte  $t_{max}$  (5).

$$t_{max} = \frac{t}{\sin(\alpha)} = 2 \cdot \frac{3}{\sin(30)} = 6 \text{ mm} \quad (5)$$

$$\varphi = 2 \cdot \arcsin \cdot \left( \frac{t_{max}}{D_k} \right) = 2 \cdot \arcsin \cdot \left( \frac{6}{100} \right) = 6,88^\circ \quad (6)$$

Nyní máme všechny hodnoty potřebné k výpočtu průřezu třísky  $A_s$  (7).

$$A_s = \frac{v_f \cdot \varphi}{360 \cdot n_k} \cdot \sqrt{\frac{a_p}{D_k}} \cdot t_{max} = \frac{3000 \cdot 6,88}{360 \cdot 2800} \cdot \sqrt{\frac{0,04}{100}} \cdot 6 = 2,5 \cdot 10^{-3} \text{ mm}^2 \quad (7)$$

Pro výpočet řezné rychlosti je zapotřebí zvolit měrnou řeznou sílu  $k_c = 15000 \text{ MPa}$  [7].

Spočteme řeznou sílu  $F_c$  (8).

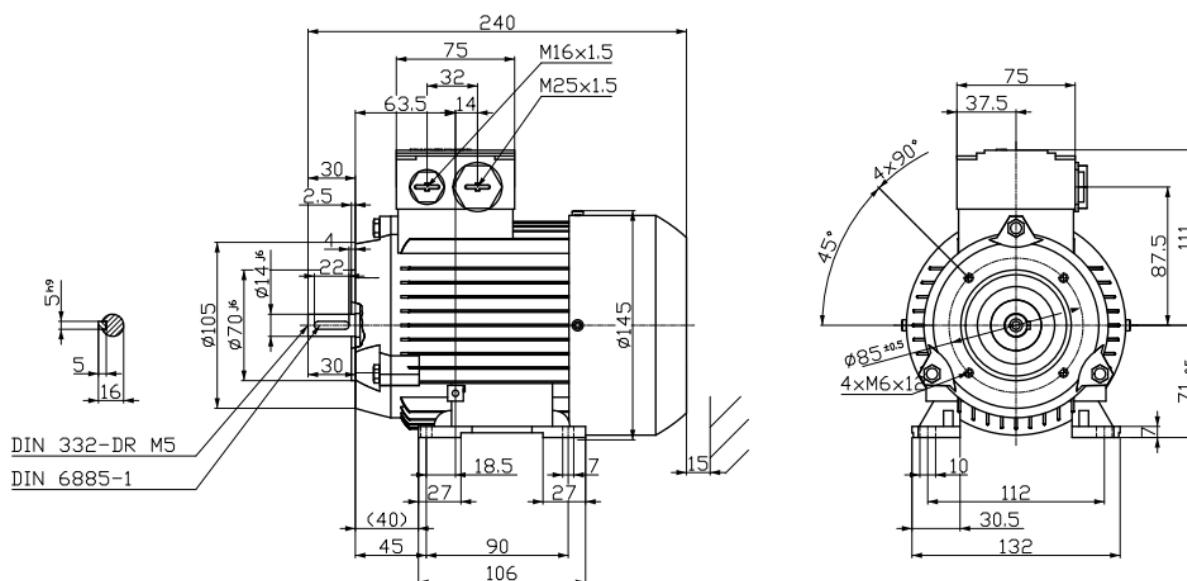
$$F_c = A_s \cdot k_c = 2,5 \cdot 10^{-3} \cdot 15000 = 37,5 \text{ N} \quad (8)$$

Posledním výpočtem při volbě elektromotoru je jeho výkon  $P$  (9). Brusný kotouč bude připojen přímo na výstupním hřídeli elektromotoru, proto při výpočtu zanedbáváme ztráty.

$$P = F_c \cdot v_c = 37,5 \cdot 14,7 = 551,25 \text{ W} \quad (9)$$

Výkon výpočtem navrženého elektromotoru odpovídá brusce MS 7000 Holzmann. To značí správnost provedených výpočtů. Vzhledem k ostatním bruskám se jedná o jeden z výkonnějších motorů. Podmínky uvedené ve výpočtech potřebného výkonu jsou pro velmi hrubé broušení a orovnavání poškozených nožů. Většinu času bude stroj pracovat s menší hloubkou řezu i rychlostí posuvu. Nyní můžeme přejít k volbě reálného elektromotoru dostupného na trhu.

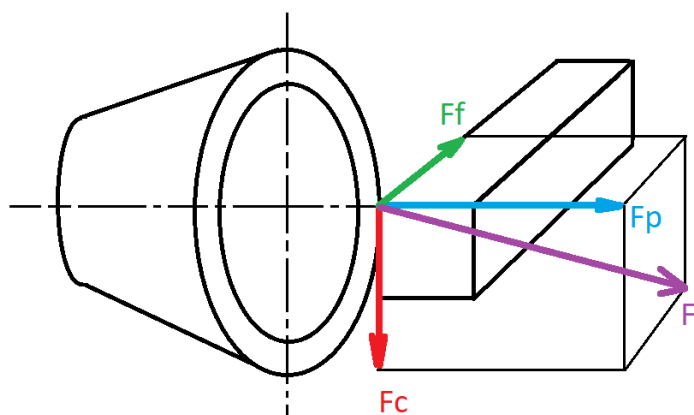
Volím elektromotor od společnosti Siemens o výkonu 550 W při otáčkách  $2750 \text{ min}^{-1}$  s označením 1LE10020 – CA32 – 2NA4. Uvedených hodnot elektromotor dosahuje při třífázovém napětí o hodnotě 400 V a zapojení svorkovnice do hvězdy. Hmotnost zařízení je 6 kg. Označení 2NA4 značí konstrukci elektromotoru s patkami a malou přírubu v prostoru výstupního hřídele. Patky budou využity ke spojení elektromotoru s podložkou, která bude dále navazovat domky lineárního vedení. Malá příruba poslouží k připojení krytu brusného kotouče. Výstupní hřídel o průměru 14 mm má na své ploše drážku pro těsné pero a na čele hřídele se nachází otvor se závitem M5, který je zakótován na (Obr. 17). [19]



Obr. 17) Elektromotor Siemens 1LE10020 – CA32 – 2NA4 [19]

### 6.1.3 Řezné síly

Při broušení čelem kotouče nevzniká jen řezná síla  $F_c$  ale další síly, jako síla pasivní  $F_p$  a síla posuvová  $F_f$ . Největší silou je síla pasivní. Většinou se její velikost pohybuje od 1,3 do třinásovky síly řezné. [7] Obrázek směrů sil při broušení čelem kotouče je na (Obr. 18).



Obr. 18) Síly působící na obrobek

Vzhledem k tomu, že řezná síla je  $F_c = 37,5 \text{ N}$ , tak pasivní síla se pohybuje od  $56,25 \text{ N}$  do  $112,5 \text{ N}$ . To jsou stále poměrně malé síly. [7]

#### 6.1.4 Nosná konstrukce

Konstrukce bude realizována pomocí stavebnicových duralových profilů vyráběných českou společností Alutec KK. Výrobce nabízí velké množství profilů i spojovacího příslušenství. Zvolením konstrukce ze stavebnicového profilu odpadá mnoho nákladných výrobních operací jako svařování a následné obrobení konstrukce. Další nespornou výhodou je rychlost a snadnost montáže. Ukázka nabízených profilů uvedena na obrázku (Obr. 19).



Obr. 19) Hliníkový konstrukční systém a příslušenství [20]

Volím stavebnicový profil čtvercového průřezu o rozměrech 30 x 30 mm a drážky jmenovité šířky 6 mm. Dalším použitým příslušenstvím dodaným touto společností budou fixační úhelníky, stavěcí patky, záslepky a další spojovací materiál.

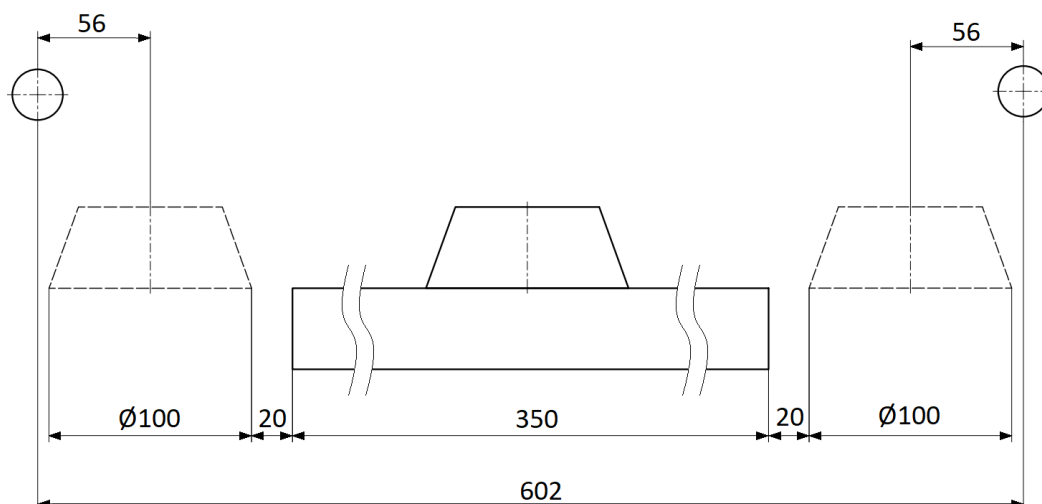
### 6.1.5 Vedení ve směru X

Lineární vedení v tomto směru bude realizováno pomocí vodících tyčí a kuličkových pouzder. Vodící tyč bude na koncích sevřena podpěrou, a ta připevněna ke konstrukci. Nosná deska s elektromotorem bude s tyčemi posuvně spojena pomocí kuličkového pouzdra umístěného v domku. Hlavní výhodou kuličkových pouzder je jejich minimální valivý odpor. Společnost T.E.A. dodává tyče kalené a broušené. Dělí se na požadovanou délku. Dostupné mají i veškeré příslušenství, jako jsou podpěry, kuličková pouzdra a domky pro upevnění pouzder zobrazených na (Obr. 20).



Obr. 20) Vodící tyče, domky s kuličkovými pouzdry a podpory [21]

Určení potřebné délky tyčí se nejlépe provede pomocí kotovaného náčrtu nejdelšího zadaného hoblovacího nože a brusného kotouče v krajních polohách (Obr. 21). Čárkovanou čarou je zobrazen brusný kotouč v krajních polohách. V krajní poloze by se kotouč neměl dotýkat nože. Proto je zvolena vůle 20 mm. Kružnice v horní části náčrtu zobrazují otvory v patkách elektromotoru. Těmito otvory bude za pomoci šroubového spoje elektromotor připevněn k nosné desce.



Obr. 21) Schéma určující potřebnou deklinu vodících tyčí

Nosná deska musí být spojena s domkem pro valivé pouzdro. V této fázi neznáme přesnou polohu domků na nosné desce. Z tohoto důvodu volím délku tyčí 750 mm. Na koncích budou vodící tyče upevněny v podporách. Ty zároveň fungují jako koncové dorazy.

#### Volba konkrétních komponent

Komponenty volím z katalogu společnosti T.E.A. Technik. Vodící tyče vybírám typu W z materiálu CF53 o průměru 20 h6 mm a délce 750 mm. Vybírám čtyři podpěry s označením FGWA20. Podpěra vodící tyč svírá ve svěrném spoji. Výška uložení hřídele od podstavy podpěry je 30 mm. Dále má popisovaná podpěra dva otvory pro šrouby k připevnění k základně (průměru 5,5 mm).

Poslední součástí je domek v sestavě s kuličkovým pouzdem typu SAKH 20PP. Pro naši aplikaci budou zapotřebí osm kusů. Do domku z hliníkové slitiny jsou vyvrtány dvě závitové díry se závitem M6 o rozteči 53 mm. Kuličkové pouzdro, nacházející se v této sestavě, má statickou únosnost 1010 N a dynamickou únosnost 1170 N. Vzhledem k hmotnosti elektromotoru 6 kg a využití čtyř domků s kuličkovými pouzdry bude únosnost pouzder více než dostatečná a není zapotřebí dalších výpočtů.

Určení maximálního průhybu vodící tyče vlivem gravitačních sil bude provedeno dvěma způsoby. Pomocí výpočtového vztahu a pomocí softwaru. Pro zjednodušení uvažuji, že zatížení působí v ose hřídele. Sílu  $F_m$  kterou působí domek s kuličkovým pouzdem na vodící tyč spočtu vztahem (10). Hmotnost elektromotoru je  $m_m = 6$  kg, hmotnost nosné desky, na které leží elektromotor dosahuje  $m_d = 2,9$  kg a počet vozíků  $i_v = 4$ . Pro malé rozměry vozíků zanedbávám ve výpočtu jejich hmotnost.

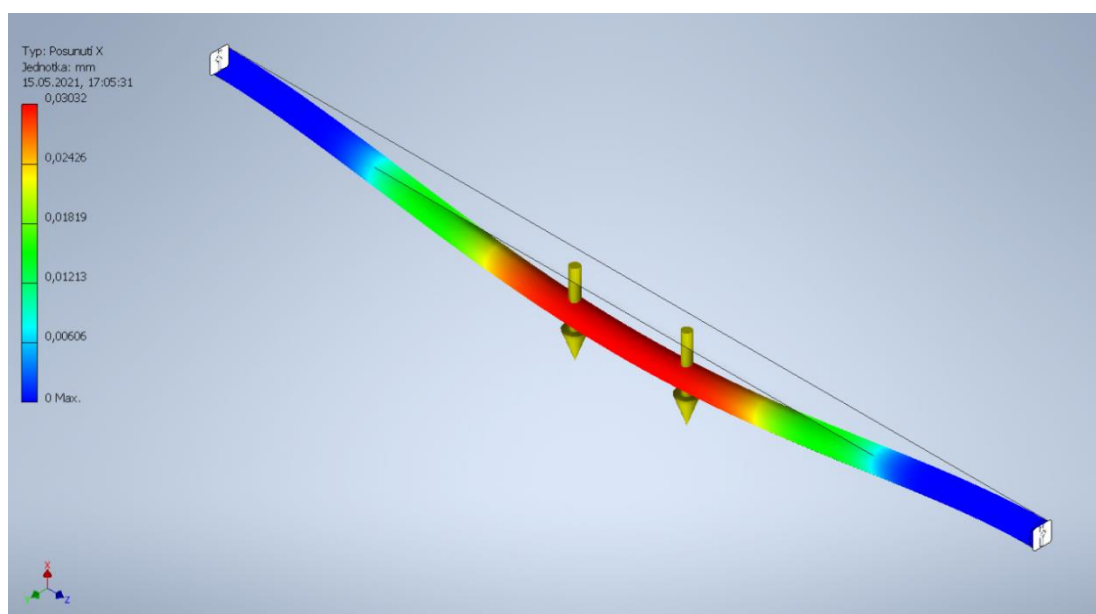
$$F_m = \frac{(m_m + m_d) \cdot g}{i_v} = \frac{(6 + 2,9) \cdot 9,81}{4} = 21,83 \text{ N} \quad (10)$$

Pro výpočet maximálního průhybu musíme znát modul pružnosti v tahu pro ocel  $E = 210$  GPa. Pokud se elektromotor nachází uprostřed vedení vozík je od podpory vzdálen  $a = 324$  mm. Celková délka vodící tyče je  $l = 750$  mm a průměr  $D = 20$  mm. Nyní vypočteme maximální průhyb vodící tyče (11). Použitý vzorec je pro nosník na obou stranách vetknutý do dokonale tuhého základního tělesa. Reálně se při zatížení mohou ohýbat i podpory. Pro zjednodušení však uvažujeme prut na obou koncích vetknutý.

$$\begin{aligned}
 Y_{max} &= \frac{F_m \cdot a^2}{24 \cdot E \cdot \frac{\pi \cdot D^4}{64}} \cdot (3 \cdot l - 3 \cdot a) \\
 &= \frac{21,83 \cdot 324^2}{24 \cdot 210000 \cdot \frac{\pi \cdot 20^4}{64}} \cdot (3 \cdot 750 - 3 \cdot 324) \\
 &= 0,0552 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Výsledná hodnota průhybu uprostřed vodící tyče je poměrně malá. Navíc díky tomu, že broušení probíhá čelem kotouče, nemá tento průhyb žádný vliv na průběh broušení.

Pro určení průhybu vodící tyče druhou metodou byla použita simulace v softwaru Inventor. Průběh průhybu tyče zobrazen na (Obr. 22).



Obr. 22) Průběh průhybu vodící tyče

Maximální hodnota průhybu zjištěná tímto programem je 0,03 mm. Oba výsledky si řádově odpovídají. Průhyb tyče způsobený hmotností břemene je minimální, a tudíž nemá vliv na broušení. Další možné zkroucení vodících tyčí je možné od řezných sil. Tyto síly se pohybují v desítkách Newtonů stejně jako síla působená hmotností elektromotoru a desky. Proto průhyb vodících tyčí bude zanedbatelný. Zvolené vodící tyče a domky jsou přijatelným řešením.

### 6.1.6 Vedení ve směru Z

Pohyb v rovině Z bude realizován podobně jako u pohybu v rovině X. Čtyři kuličková pouzdra budou umístěna pevně ve spodní části konstrukce. Vodící tyč bude s upínačem nožů zasouvána pomocí trapézového šroubu do pouzder. Tyč musí být na koncích zajištěna proti vypadnutí. Naštěstí výrobce nabízí různé varianty zakončení tyče (zápich pro pojistný kroužek, závitová díra v čele tyče). Volím zajištění tyče pomocí dorazu přišroubovaného k čelu tyče. Délka vodících tyčí bude určena až při samotné konstrukci. Kuličková pouzdra s domky volím totožná jako u vedení ve směru X.

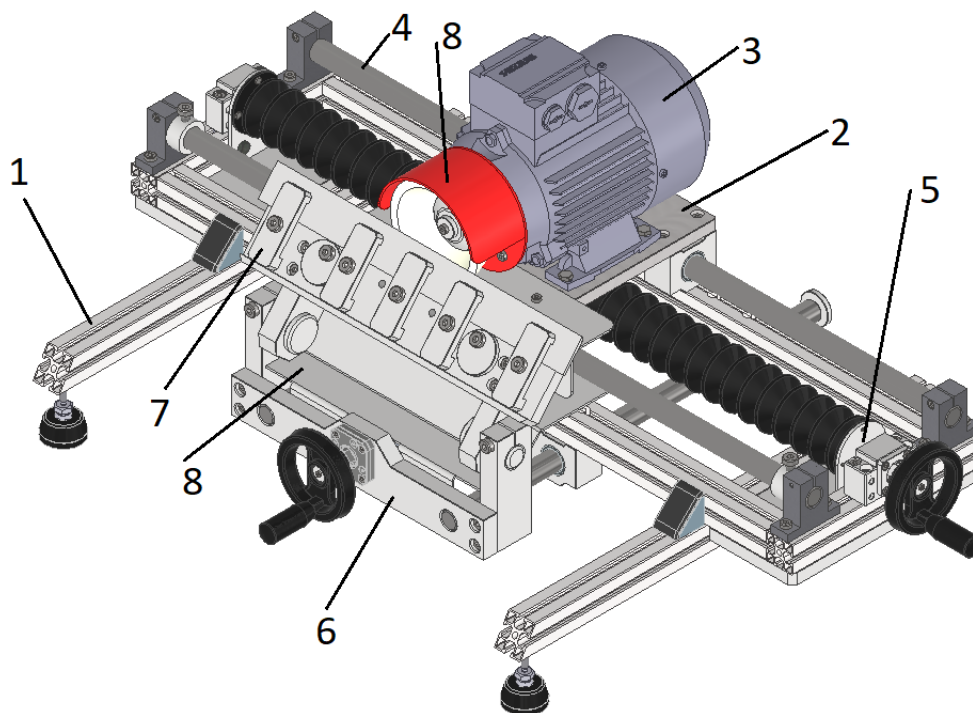
### 6.1.7 Pohybové šrouby a příslušenství

Pohyb desky s elektromotorem a domky bude realizován pomocí trapézového šroubu a rukou poháněné kliky. Lichoběžníkový šroub bude uložen otočně v ložiscích spojených s konstrukcí pomocí ložiskových domků. Tyto komponenty jsou vybírány z nabídky společnosti Matis. Volím lichoběžníkový šroub s označením Tr 12 x 3. Průměr šroubu je 12 mm se stoupáním 3 mm. Dále ložiskový domek BF10 s posuvně uloženým kuličkovým ložiskem o vnitřním průměru 10 mm, ložiskový domek BK10 s dvěma kuličkovými ložisky s kosoúhlým stykem o vnitřním průměru 10 mm, přírubový domek FK 10 taktéž s dvěma kuličkovými ložisky s kosoúhlým stykem a dvě bronzové matice s označením HSN 12 A R.

Kola jsou dodávána výrobcem Kipp. Jsou dvou paprsková pro ruční ovládání z plastu s otočnou rukovětí a označením K0725 5080 x 08. Kolo má ocelový střed s otvorem a drážkou pro těsné pero.

## 6.2 Konstrukční provedení

Na obrázku (Obr. 23) můžete vidět konstrukci stolní brusky hoblovacích mužů s označením základních celků.

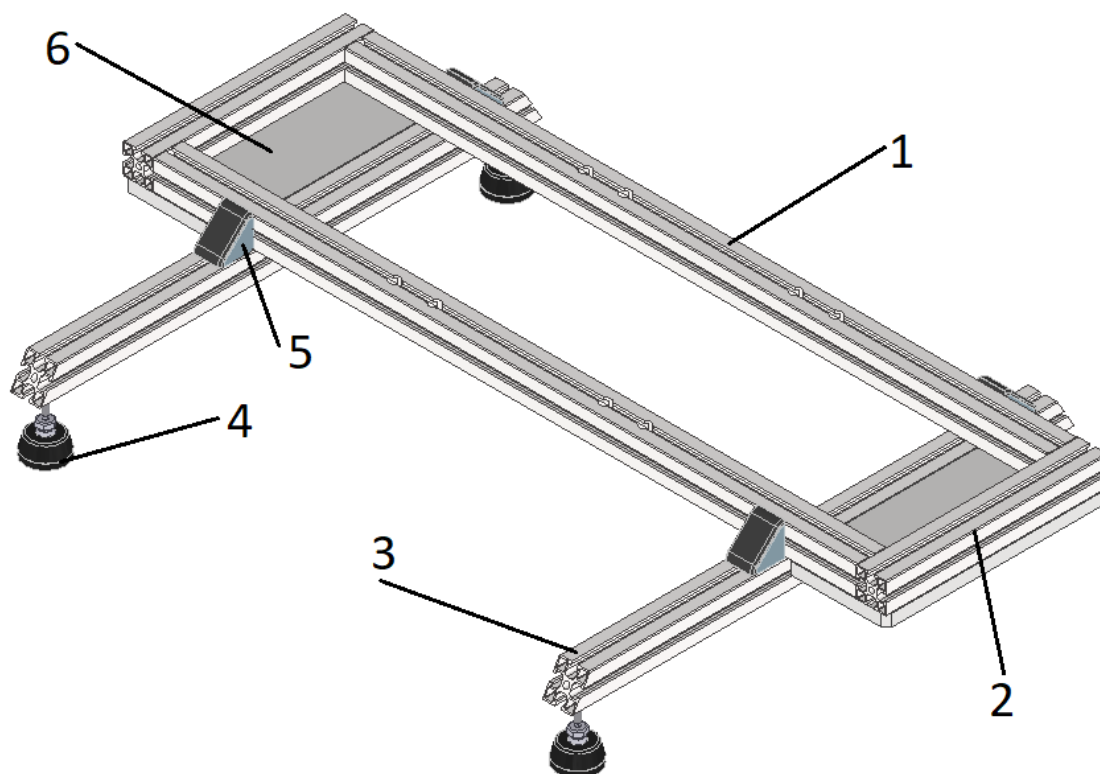


Obr. 23) Bruska hoblovacích mužů

Základním celkem celé brusky je nosná konstrukce {1}, ke které jsou připevněny všechny ostatní části. Elektromotor {3} leží na nosné desce {2}. Pevné spojení těchto dvou součástí zajišťují čtyři šrouby s šestihrannou hlavou. Vodící tyče {4} domky nesou elektromotor s deskou a pomocí podpor přiléhají ke konstrukci. Elektromotorem a nosnou deskou pohybuje lichoběžníkový šroubu {5}, jenž je upevněn v ložiskových domcích. Hoblovací nůž se upíná v náklonném upínači {7}. Pohyb upnutého nože proti kotouči zajišťuje čelo {6} s nosnými tyčemi a pohybovým šroubem. Bezpečnost a správnou funkčnost celého stroje zvyšuje krytování {8}.

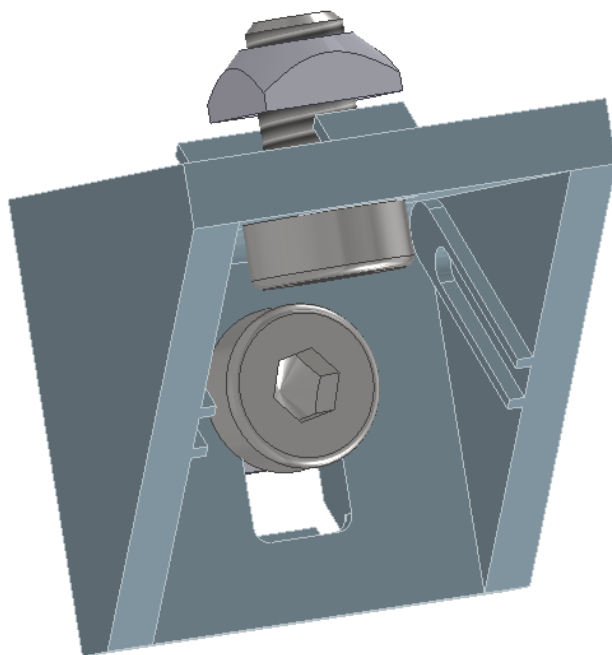
### 6.2.1 Nosná konstrukce brusky

Konstrukce brusky na (Obr. 24) se skládá ze tří délek profilu 30 x 30 mm. Profil {1} má délku 700 mm. Dále jsou do něj vrtány čtyři díry se zahloubením pro spojení s domky kuličkových pouzder osy Z. Profil označený číslem {2} má délku 220 mm. Jsou k němu připevněny podpory a ložiskové domky. Posledním druhem profilu je profil {3} dlouhý 500 mm. Nese celé zařízení a svou délkou zvyšuje stabilitu stroje. K tomuto profilu jsou přišroubovány stavěcí patky {4}, umožňující vyrovnání brusky na křivé podložce. Musíme dosáhnout co největší tuhosti obdélníkového rámu tvořeného profily {1} a {2}, protože ponese tyče vedení, které musí být rovnoběžné za každých okolností. Z tohoto důvodu jsou profily spojeny podpůrnou deskou {6}, která zvyšuje tuhost celé konstrukce. Poslední důležitou částí konstrukce je úhelník {5}.



Obr. 24) Nosná konstrukce brusky

Uvnitř úhelníku jsou umístěny šrouby s válcovou hlavou a vnitřním šestihranem. V profilu je zasunuta speciální čtvercová matice, kterou nabízí výrobce jako příslušenství k profilům. Tyto komponenty dohromady tvoří šroubový spoj (Obr. 25) držící obdélníkový rám a nohy.



Obr. 25) Úhelník

### 6.2.2 Nosná deska

Na horní část desky se nachází přišroubovaný elektromotor. K její spodní části jsou přišroubovány domky s kuličkovými pouzdry a také domek s mosaznou maticí. Má poměrně velkou tloušťku, aby nedošlo k jejímu kroucení. Deska dosahuje rozměrů 152 x 215 x 12 mm a má hmotnost je 2,9 kg.

### 6.2.3 Spojení elektromotoru a brusného kotouče

Mezi brusným kotoučem {1} a hřídelem musí být minimální vůle, která nepřipustí výstředné upnutí brusného kotouče. Vzhledem k tomu, že vnitřní průměr kotouče je 20 mm s tolerancí 0 až + 0,2 mm a výstupní hřídel má průměr 14 j6 mm, musí být souosost kotouče s hřídelem zajištěna pomocí osazení na upínacích přírubách {2} a {3}. Popisované mezikruží s otvorem 14 H7 mm a vnějším průměrem 20 h6 mm přesně vymezuje vůli. Obě příruby jsou totožné. Výpočet minimálního průměru příruby  $D_{min}$  (12). Ve výpočtu vystupuje vnější průměr kotouče  $D_k = 100$  mm. [22]

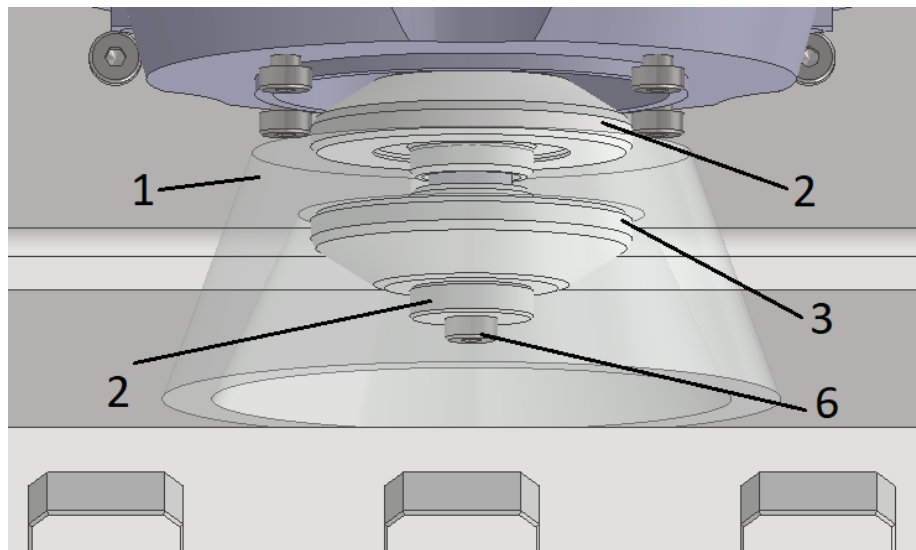
$$D_{min} = \frac{1}{3} \cdot D_k = \frac{1}{3} \cdot 100 = 33,3 \text{ mm} \quad (12)$$

Navržená příruha podmínku splňuje svým vnějším průměrem  $D_p = 50$  mm. Příruha se kotouče nemůže dotýkat celým svým čelem, ale pouze mezikružím o vypočtené šířce  $b_m$  (13). [22]

$$b_m = \frac{1}{6} \cdot D_p = \frac{1}{6} \cdot 50 = 8,3 \text{ mm} \doteq 9 \text{ mm} \quad (13)$$

Dále je nutné, aby mezi kotoučem a přitlačnými přírubami byl vložen papír nebo pryžová podložka (pro zajištění pevného upnutí kotouče bez jeho rozdrčení). Tato pružná

podložka musí pokrýt celou plochu mezi přitlačnými přírubami a kotoučem. Zadní příruba {2} je opřena o osazení.

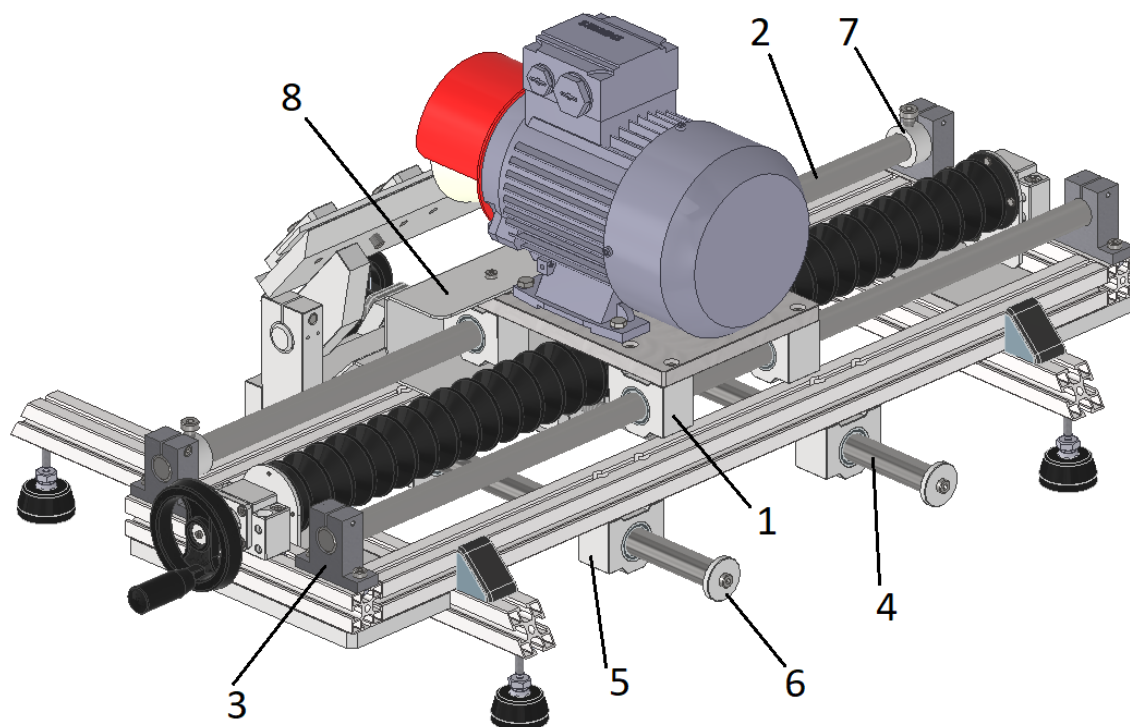


Obr. 26) Spojení brusného kotouče s hřídelem

Přední příruba {3} přitlačuje ke kotouči přitlačná podložka {5} a šroub {6}. Závit vytvořený v čele hřídele má opačný smysl, než je smysl otáček. Díky tomu se rotací hřídele šroub utahuje. Při montáži stačí tedy šroub dotáhnout jmeně. Po spuštění elektromotoru se sám utáhne.

#### 6.2.4 Vodící tyče s domky

Pohled na vodící tyče je na obrázku (Obr. 22). Vodící tyče {2} jsou uloženy v podporách {3}. Pevné spojení podpor a tyčí realizuje svěrný spoj. Podpory {3} se upínají ke konstrukci pomocí šroubu a speciální čtvercové matice zasunuté v drážce profilu. Elektromotor se může pohybovat díky domkům s valivými pouzdry která jsou posuvně uložena na vodících tyčích {1}. Rozsah pohybu ve směru X omezují dorazy {7}. Doraz zabraňuje rozdrčení krycího měchu. Posunutím dorazů {7} blíže ke středu si může brusič vymezit kratší dráhu při broušení menšího nože. Domek s kuličkovým pouzdem {5} je pevně přišroubován ke konstrukci a vodící tyč {4} se do něho zasouvá. Takto je realizován pohyb hoblovacího nože upnutého v upínači ve směru Z. Pohyb tyče {4} ze zadní strany omezuje doraz {6}. Z druhé strany se pohyb zastaví dotykem čela s konstrukcí.



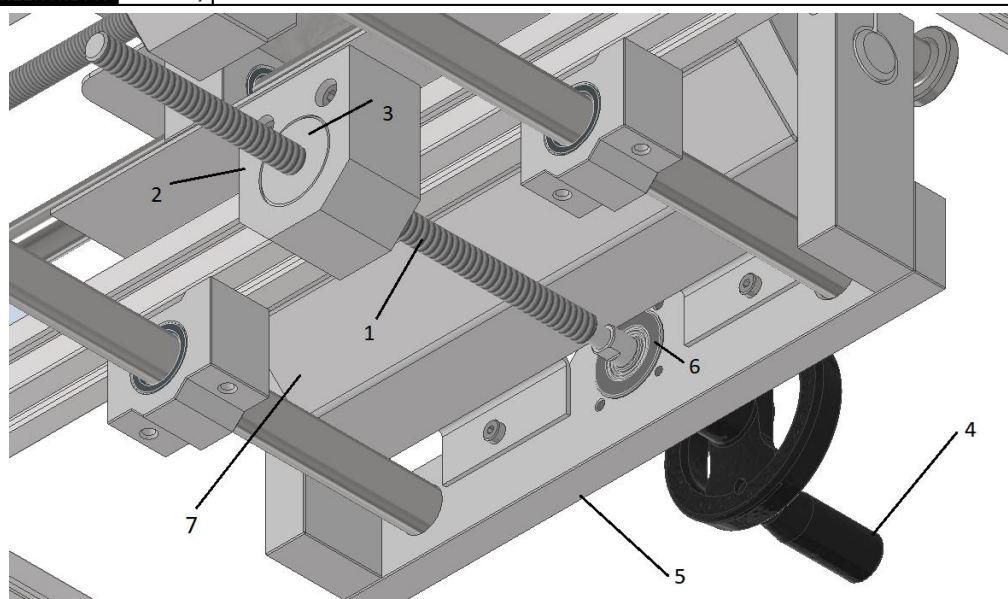
Obr. 27) Pohled na vodící tyče

Kuličková pouzdra obsahují stírací kroužky, které setřou nečistoty usazující se na vodících tyčích. Přímému dopadu jisker na tyče brání krycí plech {8}. Tento plech je přišroubován na nosnou desku.

Montáž vodících tyčí ke konstrukci brusky musí být provedena s velikou přesností. Během montáže musí být kontrolována osová vzdálenost tyčí {2}. Povolením šroubů spojujících podpory {3} s rámem můžeme posouvat tyčemi, a přesně tak seřídit osovou vzdálenost vodících tyčí. Dále sledujeme rovnoběžnost s hranou upínače, k níž bude připevněn hoblovací nůž.

### 6.2.5 Lichoběžníkové šrouby

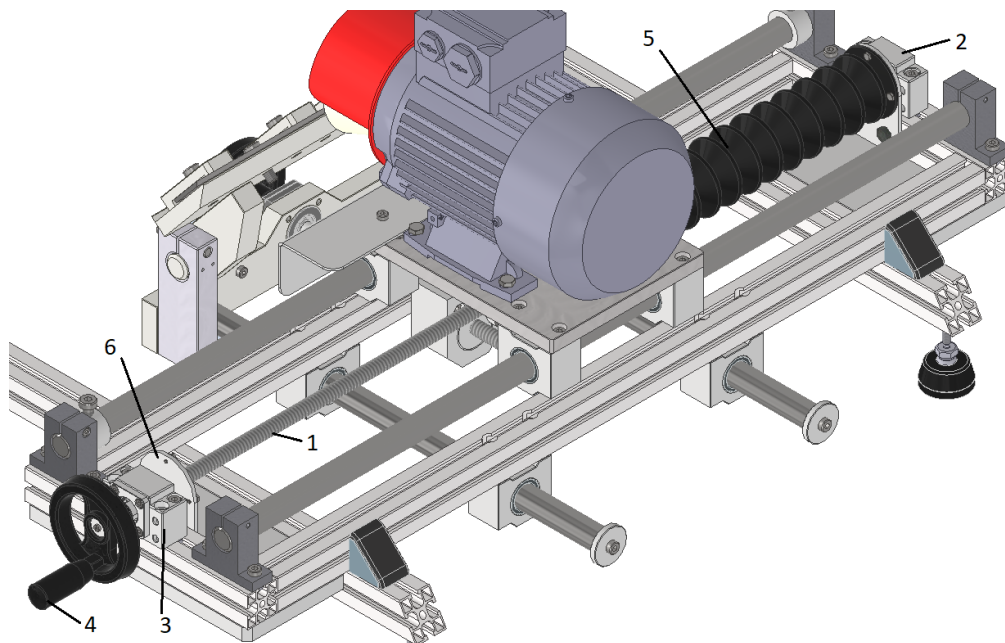
Pohybový šroub {1}, pohybující upínačem je zobrazen na obrázku (Obr. 26). Jedná se o šroub lichoběžníkový s označením Tr 12 x 3. Závitový profil má délku 250 mm. Šroub bude uložen letmo v přírubovém ložiskovém domku s označením FK 10 {6}. Domek se nachází v otvoru čela {5} a pevně drží díky čtyřem šroubům. V domku jsou dvě kuličková ložiska s kosoúhlým stykem seřazená do X. Ložiska mají vnitřní průměr 10 mm. Na ložiska z jedné strany dosedá osazení lichoběžníkového šroubu a z druhé strany jsou ložiska přitlačována maticí. Tvoří tak letmé uložení bez možnosti axiálního posuvu. Na druhé straně bude šroub uložen pouze k bronzové matici {3} s označením HSN 12 A R. Maticice je zalisována v domku {2}. Tento domek drží pevně na konstrukci zařízení pomocí dvou šroubů.



Obr. 28) Pohybový šroub osy Z

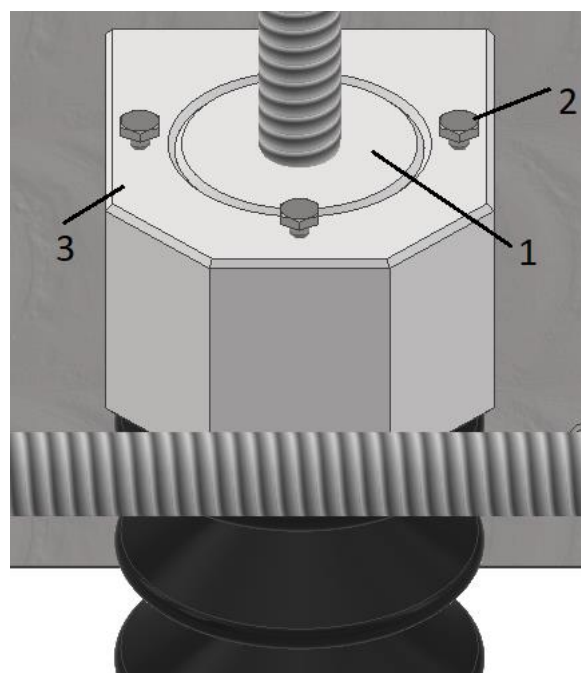
Pohyb lichoběžníkovým šroubem je realizován pomocí kola s klikou {4} pro ruční otáčení. Těsné pero spojuje šroub s kolem. Kolo musí být zajištěno šroubem s podložkou. Valivý odpor kuličkových pouzder je velmi malý. Proto i síla potřebná k pohybu zařízení bude malá a není zapotřebí výpočtů délky pera ani únosnosti lichoběžníkového šroubu. Šroub bude chráněn proti přímému proudu jisker i usazování prachu pomocí krycího plechu {7}. Velmi podobný způsob přísuvu obrobku využívají výše uvedené brusky Holzmann MS7000 a MF206.

Posouvání nosné desky a domků s kuličkovými pouzdry ve směru X se provádí pomocí lichoběžníkového šroubu {1} o průměru 12 mm se stoupáním 3 mm. Označení tohoto závitu je Tr 12 x 3 a nachází se na (Obr. 29). Pohybový šroub ustavují dvě podpory, a to domek BF 10 {2} s posuvně uloženým kuličkovým ložiskem a domek BK 10 {3} se dvěma kuličkovými ložisky s kosoúhlým stykem uspořádanými do X. Tato kombinace umožňuje posuv šroubu v domku BF vlivem jeho tepelné roztažnosti. Šroubem je otáčeno za pomoci kliky {4}. Kliku a pohybový šroub spojuje těsné pero. Axiálnímu posuvu kliky po hřídeli brání přítlačná podložka a šroub zašroubovaným do čela lichoběžníkového šroubu.



Obr. 29) Pohybový šroub osy X

Samotný pohybový šroub by byl velmi zatěžován proudem jisker vzniklých broušením a následným usazováním prachu. Proto zakrýváme šroub látkovým měchem {5}. Měch je na straně ložiskových domků připojen pomocí příruby k plechu {6}. Na straně druhé drží pomocí šroubů zašroubovaných do domku matice zobrazené na (Obr. 28)

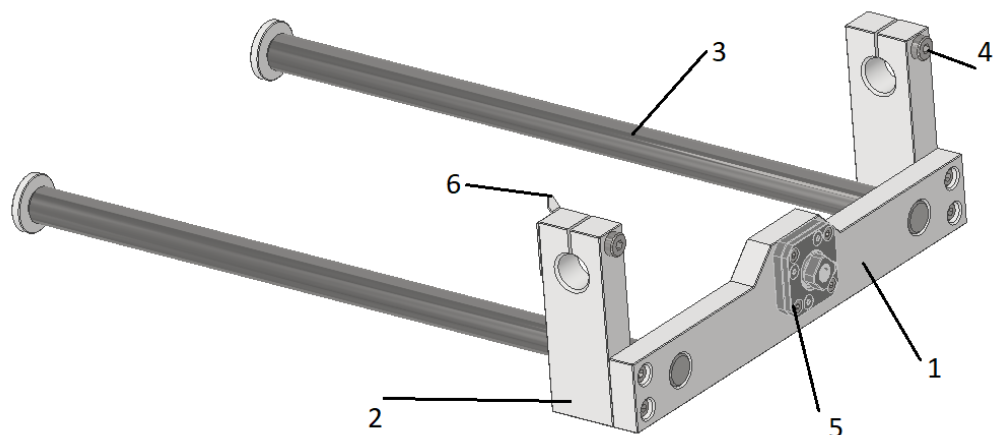


Obr. 30) Matice pohybového ustrojí X

Matice {1} je do svého domku {3} lisována a samotný domek přišroubován ke spodní části nosné desky. Na obrázku (Obr. 30) se nacházejí šrouby {2} sloužící k upevnění látkového měchu.

### 6.2.6 Čelo

Čelo {1} tvoří spojovací prvek spojující vodící tyče s pohybovým šroubem i upínačem (Obr. 28). Vodící tyče {3} jsou nalisovány osazením o průměru 18 s6 mm do otvoru v čele o průměru 18 H7 mm. Přírubový ložiskový domek {5} má průměr 34 g6 mm a je s velmi malou vůlí zasunut do díry 34 H7 mm. Jak už bylo zmíněno výše, domek s čelem spojují čtyři šrouby na roztečné kružnici 42 mm.



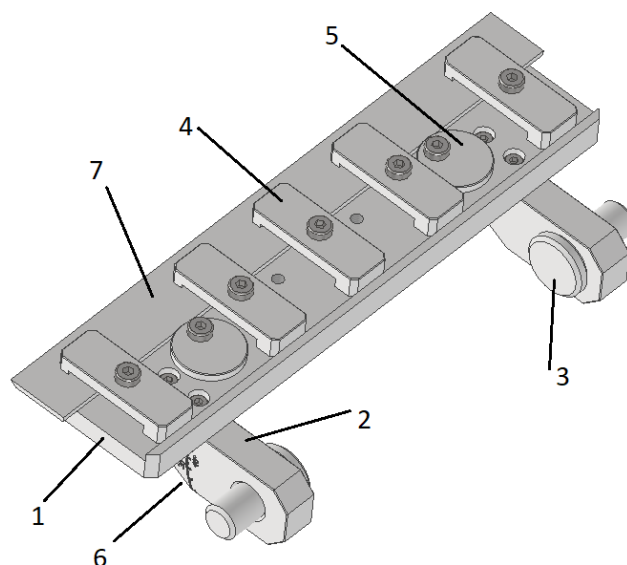
Obr. 31) Čelo

Otočné spojení čela a upínače je navrženo jako svěrné. K čelu jsou přišroubována svěrná oka s drážkou {2}. Tento spoj se dá podle potřeby povolit nebo sevřit pomocí šroubů s válcovou hlavou {4}. Zvolil jsem šroub, protože se úhel břitu málokdy mění. Malé hlavy šroubů se nebudou plést pracovníkovi při broušení, ani při zakládání nože do upínače. Avšak pokud bude chtít výjimečně změnit uhel ostří broušeného nože, stačí pouze povolit imbusovým klíčem dva šrouby. Jedná se o stejnou velikost vnitřního šestihranu jako u šroubů použitých pro upínání nože do upínače.

Nejmenší součástí na této podsestavě bude ukazovací plech {6}. S úhlovou stupnicí vytvořenou na pevném oku upínače tvoří jednoduchý úhломěr pro nastavení požadovaného úhlu břitu.

### 6.2.7 Upínač

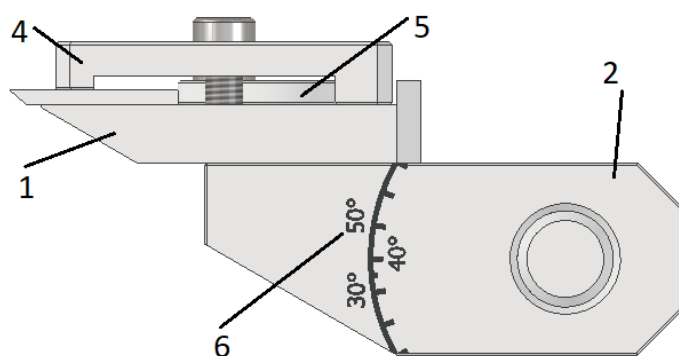
K upnutí nože v brusce slouží sestava upínače (Obr. 28). Základní komponentou upínače je upínací deska {1}. Hoblovací nůž se zakládá na upínací plochu. V této ploše se nachází devět závitových děr M8 určených pro univerzální upnutí. Brusič může upínky {4} i podložky {5} libovolně přesouvat podle potřeby a délky broušeného nože. Osazení na upínací desce zabraňuje protáčení upínek v povoleném stavu a usnadňuje jejich přesouvání. Na desce {1} je důležité její sražení, které se nachází na (Obr. 30). Bez tohoto sražení by nebyl možný přístup brusného kotouče k obrobku. Upínky {4} jsou dostatečně robustní a při utahování nedojde k jejich deformaci. V sestavě upínače se nacházejí pevná oka, která s upínací deskou spojují šrouby s válcovou hlavou zapuštěné do plochy upínací desky. Velké sražení na pevném oku {2} taktéž umožňuje lepší přístup brusného kotouče k obrobku. V otvoru je zalisován čep {3}. Pro toto spojení volím uložení s přesahem o průměru 20 H7/p6. Zápich rozděluje průměr 20 mm v polovině délky. Pro spojení čepu se svěrným okem předepisují uložení H7/h6.



Obr. 32) Upínač

Excentrické podložky mají průměr 38 mm a vyosení otvoru o 10 mm. Slouží k podepření broušeného nože po jeho prvním ustavení do upínače. Brusič může poté nůž vyjmout a znovu založit jiný nůž ze stejné sady bez ustavování. Toto řešení využívá bruska hoblovacích nožů Holzmann HMS700.

Nůž musí být ustaven do upínače tak, aby přesahoval přes okraj upínací desky viz. (Obr. 28). Přesah musí být na obou koncích nože stejný. Hrana nože musí být rovnoběžná s hranou upínací desky. Tohoto se dá dosáhnout několika způsoby. Pomocí hloubkoměru posuvného měřidla se přesah dá odměřit. Na obou koncích kontrolujeme stejnou hodnotu. Další možností by bylo upínáním přes podložku. Podložku o požadované tloušťce přiložíme na zkosení desky. Nůž položený na upínací desce přesuneme přes její okraj a pomocí hmatu dosáhneme toho, aby sražení nože bylo zároveň s podložkou.

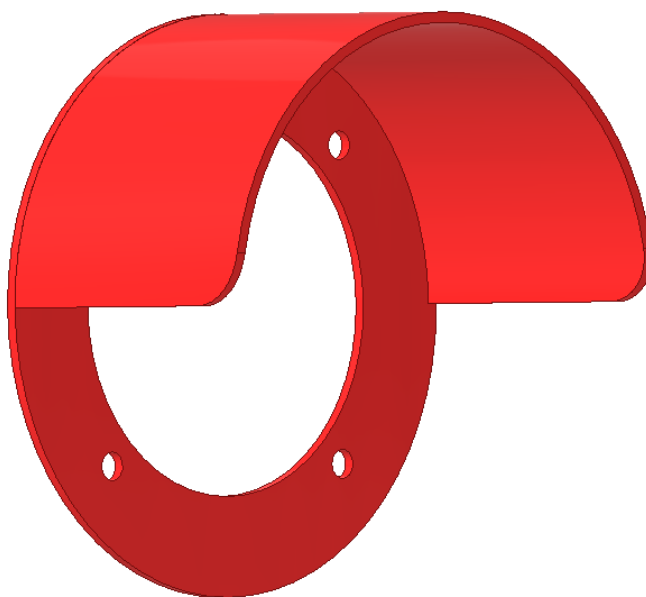


Obr. 33) Boční pohled na upínač

Na obrázku (Obr. 28) můžeme vidět úhlovou stupnici {6}. Ve spojení s ukazovacím plechem umístěným na svěrném oku tvoří úhломěr, který ukazuje úhel broušeného ostří. Stupnice může být vytvořena gravírováním, vypálena laserem nebo nalepena jako tištěná samolepka.

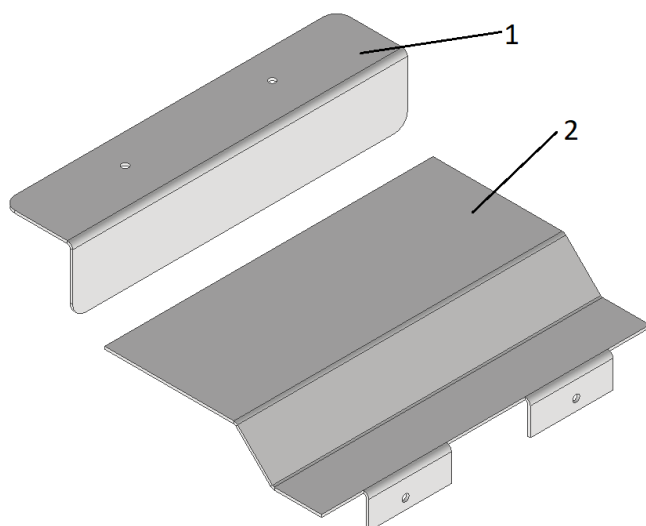
### 6.2.8 Krytování

Brusný kotouč bývá velmi křehký a v některých případech může dojít k jeho prasknutí. Při upínání se celistvost kotouče kontroluje lehkým poklepem. Kotouč by měl vydávat čistý zvonivý zvuk. Po spuštění elektromotoru brusky je nutné vždy nechat kotouč běžet na prázdno. Dojde k jeho vystředění a k utažení upínacích přírub. K prasknutí kotouče při broušení může dojít vlivem kolize kotouče s jinou částí stroje nebo příliš rychlím najetím obrobku do brusného kotouče. V takové chvíli musí být brusič co nejvíce chráněn před odletujícími kusy kotouče. K tomu slouží kryt kotouče (Obr. 29). V našem případě je kryt svařen ze dvou plechů a přišroubován k přírubě elektromotoru.



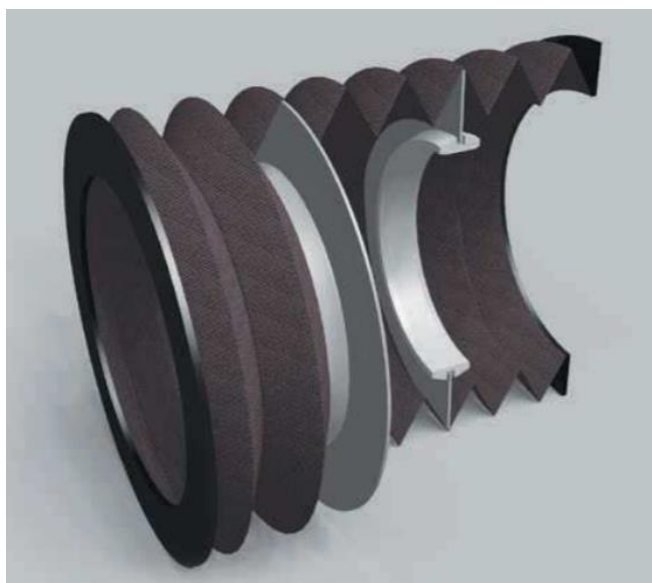
Obr. 34) Kryt brusného kotouč

Broušením vzniká proud jisker a prašné okolí. Před přímým proudem jisker jsou vodící tyče a lichoběžníkový šroub, pohybující upínačem, chráněny plechy zobrazenými na obrázku (Obr. 30). Tato ochrana je dostatečná pro vodící tyče, protože domky s valivými pouzdry obsahují i stírací kroužky. Kroužky setřou prach dosedající na vodící tyče. Valivé pouzdro zůstává uvnitř čisté a mazivo není kontaminováno prachem. Krycí plech {1} spojený s nosnou deskou se při posuvu elektromotoru po vedení posouvá s ním a chrání zatěžovanou část vodících tyčí před dopadem jisker. Krycí plech {2} je připevněn k zadní části čela a chrání spodní vodící tyče a lichoběžníkový šroub. Při pohybu upínače s čelem ve směru Z se volný okraj plechu zasouvá do prostoru mezi vodící tyče směru X a konstrukci stroje.



Obr. 35) Krycí plechy

Lichoběžníkové šrouby a matice musí být také před usazováním prachu chráněny. K tomu slouží kruhové látkové měchy. Výrobce Hennlich dodává měchy přesně požadovaných rozměrů na objednávku. Stačí pouze definovat základní parametry jako je materiál, vnitřní a vnější průměr ochranných měchů, jejich maximální délku a způsob připojení k přilehajícím součástem. Ukázka kruhového měchu s přírubovým zakončením je na obrázku (Obr. 31)



Obr. 36) Krycí měch s přírubovým zakončením a vodícím kluzákem [23]

Nejprve volím spojení měchu s domkem, ve kterém je nalisována matice. Domek má vzhledem ke svým rozměrům poměrně velký prostor na svém čele, a proto bude výhodné připojit k němu měch pomocí kovové příruby. Na druhé straně šroubu, kde se nachází ložiskový domek, není prakticky možnost připojit měch k již vytvořené součásti. Proto jsem zvolil zakončení měchu přírubou. Příruba se přišroubuje k plechu, speciálně vytvořenému pro tento měch. Plech je dále připevněný ke konstrukci stroje.

Materiál měchu volím nomex pro jeho dobrou krátkodobou tepelnou odolnost 300 °C. Tato vlastnost bude výhodná při dopadu jiskry na povrch. Materiál černé barvy má tloušťku 0,4

mm a výbornou odolnost vůči oděru. Tloušťka nomexu je  $S_t = 0,4$  mm. Nyní můžeme vypočítat minimální délku jednoho skladu  $S_p$  (14). Parametry materiálu a výpočtové vzorce byly zjištěny z katalogu Hennlich. [23]

$$S_p = (2 \cdot S_t) + 0,5 = (2 \cdot 0,4) + 0,5 = 1,3 \text{ mm} \quad (14)$$

Maximální délka, kterou musí měch zakrývat, je ve chvíli kdy se elektromotor s nosnou deskou nachází na úplném okraji vedení. V tento okamžik se domek valivého pouzdra dotýká dorazu. V této poloze je maximální délka měchu  $LM_{max} = 611$  mm. Dále volím holoubku skladu měchu  $F_t = 20$  mm. Nyní spočítáme počet skladů měchu  $n$  (15) [23].

$$n = \left( \frac{LM_{max}}{F_t - 5} \right) + 2 = \left( \frac{611}{20 - 5} \right) + 2 = 42,73 \doteq 43 \quad (15)$$

Tloušťku plechové příruby na konci měchu volím  $E_m = 2$  mm. Spočtu minimální délku měchu se zakončením s přírubami  $L_{min}$  (15) [23].

$$LM_{min} = (n \cdot S_p) + (2 \cdot E_m) = (43 \cdot 1,3) + (2 \cdot 2) = 59,9 \doteq 60 \text{ mm} \quad (16)$$

Minimální délka měchu poukazuje na prostor, který měch potřebuje při jeho úplném stlačení. Ovšem prostor mezi domkem lichoběžníkové matice a plechem je pouze 50 mm. Pokud by se měch stlačil na menší rozměr, než  $L_{min}$  riskujeme jeho poškození. Výhodným řešením bude na vodící tyče instalovat dorazy, které zabrání mačkání měchu a uberou jen malou délku z celkového rozsahu vedení.

Musíme zabránit kontaktu měchu se závity šroubu. K tomu se využívá vodících kluzáku umístěných uvnitř měchu. Jejich počet nechávám na doporučení výrobce. Posledními parametry je vnější a vnitřní průměr měchu. Vzhledem k průměru šroubu a potřeby do měchu umístit kluzák volím vnitřní průměr  $D_i = 15$  mm a vnější průměr  $D_a = 55$  mm. Všechny výše uvedené rozměry krycích měchů budou zapotřebí konzultovat s výrobcem při objednávce měchů.



## 7 ZHODNOCENÍ A DISKUZE

Navrženou stolní brusku nese rám z hliníkového stavebnicového profilu. Na tuto konstrukci bylo použito celkově 2840 mm profilu 30 x 30 mm. Tuhost rámu zvyšují dvě desky v jeho spodní části. Zvolený elektromotor s výkonem 550 W dosahuje otáček  $2750 \text{ min}^{-1}$ . Brusný kotouč se svým průměrem 100 mm má řeznou rychlost  $14,4 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ . Tyto hodnoty odpovídají konkurenčním strojům zmíněným v rešeršní části. Elektromotor leží na nosné desce s domky obsahujícími valivá pouzdra. Pohybuje se po vodících tyčích kruhového průřezu o průměru 20 mm a délce 750 mm. Pohyb elektromotoru vykonává lichoběžníkový šroub s maticí o průměru závitu 12 mm a stoupání 3 mm. Šroub je uložen v ložiskových domcích s možností axiálního prodloužení vlivem tepla. Na konci šroubu se nachází kolo s klikou pro ruční posuv elektromotoru s kotoučem. Přísuv hoblovacího nože upnutého v upínači k brusnému kotouči zajišťuje čelo s druhým lichoběžníkovým šroubem a vodícími tyčemi. Čelo s tyčemi je spojeno prostřednictvím lisovaného spoje. Na čele se dále nachází přírubový ložiskový domek s letmo upnutým lichoběžníkovým šroubem. Celá sestava upínače a čela se prostřednictvím lichoběžníkového šroubu s maticí upevněnou ke konstrukci zasouvá do valivých domků přišroubovaných ke konstrukci. Náklon nože pro broušení požadovaného uhlu ostří umožňuje svěrné spojení upínače s čelem.

Při upnutí hoblovacího nože o maximální zadané délce a motoru nacházejícím se v krajní poloze lineárního vedení zůstává mezi obrobkem a brusným kotoučem vůle 40 mm. Prostor pro manipulaci s nožem je dostatečný. V krajním případě může být broušen i nůž o délce 400 mm.

Pro určení hmotnosti musela být všem součástem v modelu nadefinována hmotnost. Autodesk Inventor ji vyměřil na 23,5 kg. V porovnání s ostatními bruskami hoblovacích nožů dostupných na trhu se jedná o malou hmotnost. Základní rozměry zařízení jsou délka 860 mm, šířka 535 mm a výška 366 mm.



## 8 ZÁVĚR

Úkolem této práce bylo zkonstruovat brusku hoblovacích nožů, která dovede brousit hoblovací nože do délky 350 mm. Tento úkol byl splněn a nejen to. Z volby nejvýhodnější varianty vzešla stolní bruska, která brousí hoblovací nůž čelem brusného kotouče. Díky broušení čelem kotouče bylo zapotřebí realizovat pouze dva horizontální pohyby: posuv a přísuv. Tyto dva pohyby byly rozděleny rovnoměrně mezi elektromotor s kotoučem a obrobek. Posuv je realizován pohybem elektromotoru s brusným kotoučem a přísuv vykonává hoblovací nůž upnutý v upínači.

V první fázi konstrukčního návrhu byli zvoleny potřebné nakupované komponenty počínaje brusným kotoučem a konče kolem pro ruční ovládaní lichoběžníkových šroubů. Vhodnost vybraných komponent byla potvrzena nezbytnými výpočty. Model celého zařízení byl vypracován v softwaru Autodesk Inventor s ohledem na použití velkého množství normalizovaných dílů. U vyráběných součástí je kladen důraz na jednoduchost výroby.

To vše tvoří lehkou a univerzální brusku, která dokáže svými vlastnostmi konkurovat ostatním zařízením. Zkonstruovaný stroj a tato bakalářská práce může sloužit jako vzor nebo návod pro truhláře a kutila, kterému nebudou z jakkoliv důvodů vyhovovat brusky hoblovacích nožů dostupné na trhu.



## 9 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] Práce se dřevem. *Práce se dřevem: encyklopedie : průvodce truhlářstvím a řezbářstvím pro domácí dílnu*. 1. vyd. Praha: Columbus, 2004, s. 110 - 112, 512 s. ISBN 80-7249-187-3.
- [2] PATŘIČNÝ, Martin. Pracujeme se dřevem. *Pracujeme se dřevem*. 3. dopl. vyd. Praha: Grada, 2004, s. 37 - 40. ISBN 80-247-1090-0. Dostupné také z: <https://dnnt.mzk.cz/view/uuid:76d5e360-bd24-11e6-b333-005056827e51?page=uuid:ae39fee0-d499-11e6-8f29-5ef3fc9ae867>
- [3] Pilana: Frezovací a hoblovací hlavy, blankety a profilové nože. *Direct industry* [online]. Direct industry, 2021 [cit. 2021-05-17]. Dostupné z: <https://pdf.directindustry.com/pdf/pilana/profile-cutters-heads-profile-cutters-planing-knives/61297-304427.html>
- [4] Hoblovka s protahem ADH 41. In: *K-Technik* [online]. Šumperk: K-Technik [cit. 2021-05-17]. Dostupné z: <https://www.ktechnik.cz/hoblovky-a-protahovacky/hoblovka-s-protahem-adh-41>
- [5] *Pilana market* [online]. Hulín: ShopSys® Enterprise, 2021 [cit. 2021-05-17]. Dostupné z: <https://www.pilanamarket.cz/noze/hoblovaci-noze/>
- [6] Hoblovací nůž HSS18%W - Informace. *Pilove kotouče* [online]. Uherský Ostroh: Pilove kotouče, 2020 [cit. 2021-05-17]. Dostupné z: <http://www.pilovekotouce.com/shop/hoblovaci-noze-35-x-3/47995-hoblovaci-nuz-80x35x3-hls-13-cr-pilana.html>
- [7] HUMÁR, Anton. *TECHNOLOGIE I: TECHNOLOGIE OBRÁBĚNÍ – 3. část* [online]. 2005 [cit. 2021-02-27]. Dostupné z: [http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/studijni-opory/Dokoncovaci\\_a\\_nekonvencni\\_metody\\_obrabeni/TI\\_TO-3.cast.pdf](http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/studijni-opory/Dokoncovaci_a_nekonvencni_metody_obrabeni/TI_TO-3.cast.pdf)
- [8] DILLINGER, Josef a Jiří HANDLÍŘ. *Moderní strojírenství pro školu i praxi*. Vydání 1. Praha: Europa-Sobotáles, 2007, 608 stran : ilustrace (převážně barevné). ISBN 978-80-86706-19-1.
- [9] MAREK, Jiří. *Konstrukce CNC obráběcích strojů III*. Praha: MM publishing, 2014. MM speciál. ISBN 978-80-260-6780-1. Dostupné také z: <https://dnnt.mzk.cz/view/uuid:3af97840-7e1c-11e5-ac67-005056827e51?page=uuid:3ae09590-a41a-11e5-b770-5ef3fc9ae867>
- [10] Tool grinding: HMS700 400V. *Holzmann maschinen* [online]. Haslach: Holzmann Maschinen [cit. 2021-05-17]. Dostupné z: <https://www.holzmann-maschinen.at/EN/planer-knife-sharpener-2050>
- [11] Tool grinding: MS7000 230V. *Holzmann maschinen* [online]. Haslach: Holzmann Maschinen [cit. 2021-05-17]. Dostupné z: <https://www.holzmann-maschinen.at/EN/grinder-for-planer-knives-908>

- [12] Universal grivder: MS6000 230V. *Holzmann maschinen* [online]. Haslach: Holzmann Maschinen [cit. 2021-05-17]. Dostupné z: <https://www.holzmann-maschinen.at/EN/universal-grinder-906>
- [13] Ostrička hoblovacích nožů MF206. *Uni-max* [online]. Praha: Uni-max, 2021 [cit. 2021-05-17]. Dostupné z: <https://www.uni-max.cz/produkty/brouseni-a-piskovani/brouseni/ostricky-a-brusky-nastroju/ostricky-nastroju/ostricka-hoblovacich-nozu-mf206>
- [14] Tormek T-8 Original. *Tormek: Sharpening Innovation* [online]. Lindesberg: Tormek [cit. 2021-05-17]. Dostupné z: <https://www.tormek.com/uk/en/machine-models/tormek-t-8-original/>
- [15] SVH-320 Plade Blade Attachment. *Tormek: Sharpening Innovation* [online]. Lindesberg: Tormek [cit. 2021-05-17]. Dostupné z: <https://www.tormek.com/uk/en/grinding-jigs/svh-320-planer-blade-attachment/>
- [16] Techtongda: Woodworking Staight Knife Sharpener. *Walmart* [online]. Arkansas: Walmart, 2021 [cit. 2021-05-17]. Dostupné z: <https://www.walmart.com/ip/TECHTONGDA-Woodworking-Straight-Knife-Sharpener-Grinder-Crusher-Planer-Max-600mm-110V-750W/253583802>
- [17] Straight Knife Grinder TG-5000. *LoboMachine: The wood machine specialist* [online]. Los Angeles: LoboMachine, 2015 [cit. 2021-05-17]. Dostupné z: <http://www.lobomachine.com/shop/item.aspx/straight-knife-grinder/122/>
- [18] Katalog skladových výrobků: Pro univerzální broušení. *Trytolit* [online]. Benátky nad Jizerou: Trytolit, 2019 [cit. 2021-05-17]. Dostupné z: [https://www.tyrolit.cz/fileadmin/Documents/Trade/Catalogues/TYROLIT\\_2019\\_A5\\_CZ\\_1\\_7\\_OB.pdf](https://www.tyrolit.cz/fileadmin/Documents/Trade/Catalogues/TYROLIT_2019_A5_CZ_1_7_OB.pdf)
- [19] Elektromotor SIEMENS 0.55kW,2750ot. *Elektromotory Moravec* [online]. Zábřeh: Elektromotory Moravec [cit. 2021-05-17]. Dostupné z: <https://www.elektromotory.net/siemens/1la7-3000-otacek/1le1002-0ca32-0-55kw-2750ot.html>
- [20] Hliníkový konstrukční systém a příslušenství. In: *Alutec KK* [online]. Čelákovice: Alutec KK [cit. 2021-05-17]. Dostupné z: <https://www.aluteckk.cz/hlinikovy-konstrukcni-system>
- [21] Vodicí tyče a kuličková pouzdra. *T.E.A. Technik* [online]. Popůvky u Brna: T.E.A. Technik, 2021 [cit. 2021-05-17]. Dostupné z: <https://www.teatechnik.cz/vodici-tyce-kulickova-pouzdra/>
- [22] Skripta Technologie II2díl: Technologie třískového obrábění. *Homel* [online]. Ostrava: Technická Univerzita Ostrava [cit. 2021-05-17]. Dostupné z: [http://homel.vsb.cz/~cep77/PDF/skripta\\_Technologie\\_II\\_2dil.pdf](http://homel.vsb.cz/~cep77/PDF/skripta_Technologie_II_2dil.pdf)
- [23] Krycí měchy kruhové. *Hennlich: LinTech* [online]. Litoměřice: Hennlich, 2021 [cit. 2021-05-18]. Dostupné z: [https://lin-tech.hennlich.cz/fileadmin/user\\_upload/HCZ/Download/Lin-tech/pdf/CZ\\_kryc%C3%AD\\_m%C4%9Bchy\\_kruhov%C3%A9\\_2018.pdf](https://lin-tech.hennlich.cz/fileadmin/user_upload/HCZ/Download/Lin-tech/pdf/CZ_kryc%C3%AD_m%C4%9Bchy_kruhov%C3%A9_2018.pdf)

# 10 SEZNAM ZKRATEK, SYMBOLŮ, OBRÁZKŮ A TABULEK

## 10.1 Seznam symbolů

Symbol	Jednotka	Význam
$L_{\max}$	[mm]	maximální délka broušeného nože
$P$	[W]	výkon elektromotoru
$n_k$	[ $\text{min}^{-1}$ ]	otáčky elektromotoru
$D_k$	[mm]	průměr brusného kotouče
$v_c$	[ $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ ]	řezná rychlost
$U$	[V]	napětí
$m$	[kg]	hmotnost zařízení
$i$		pořadí kritéria
$R_i$		váha kritéria
$V_i$		pořadí koncepční varianty vůči kritériu
$\varphi$	[°]	úhel styku kotouče s obrobkem
$\pi$		Ludolfovo číslo – matematická konstanta
$v_f$	[ $\text{m} \cdot \text{min}^{-1}$ ]	rychlost posuvu
$a_p$	[mm]	hloubka řezu
$\alpha$	[°]	úhel ostří
$t$	[mm]	maximální tloušťka broušeného nože
$t_{\max}$	[mm]	tloušťka plochy nože stýkající se s kotoučem
$A_s$	[ $\text{mm}^2$ ]	průřez třísky
$F_c$	[N]	řezná síla
$F_p$	[N]	pasivní síla
$F_f$	[N]	posuvná síla
$F_m$	[H]	gravitační síla motoru a desky působící na vodící tyč
$m_m$	[kg]	hmotnost elektromotoru
$m_d$	[kg]	hmotnost nosné desky
$i_v$		počet vozíků
$g$	[ $\text{m} \cdot \text{s}^{-2}$ ]	gravitační zrychlení
$E$	[GPa]	modul pružnosti v tahu oceli
$a$	[mm]	vzdálenost vozíku od podpory
$l$	[mm]	celková délka vodící tyče
$D$	[mm]	průměr vodící tyče
$Y_{\max}$	[mm]	maximální průhyb vodící tyče způsobený gravitační silou

$D_{\min}$	[mm]	minimální průměr příruby
$b_m$	[mm]	šířka
$D_p$	[mm]	průměr příruby
$b_m$	[mm]	šířka mezikruží
$S_t$	[mm]	tloušťka látky krycího měchu
$S_p$	[mm]	délka jednoho skladu krycího měchu
$LM_{\max}$	[mm]	největší délka krycího měchu
$F_t$	[mm]	hloubka skladu krycího měchu
$n$		počet skladů krycího měchu
$E_m$	[mm]	tloušťka plechové příruby krycího měchu
$LM_{\min}$	[mm]	minimální délka krycího měchu
$D_i$	[mm]	vnitřní průměr krycího měchu
$D_a$	[mm]	vnější průměr krycího měchu

## 10.2 Seznam tabulek

Tab 1)	Značení brusných kotoučů dle ČSN ISO 525 [8].....	24
Tab 2)	Porovnání základních parametrů brusek [16], [17], [13], [11], [14].....	31
Tab 3)	Výběr koncepční varianty .....	35
Tab 4)	Brusné kotouče Tyrolit [18] .....	37

## 10.3 Seznam obrázků

Obr. 1)	Hoblovací válec [3] .....	17
Obr. 2)	Hoblovka s protahem ADH 41 [4] .....	18
Obr. 3)	Hoblovací nůž HS [5].....	19
Obr. 4)	Základní typy tvarů brusných kotoučů [7] .....	23
Obr. 5)	Bruska Holzmann HMS700 [10].....	25
Obr. 6)	Bruska Holzmann MS7000 [11] .....	26
Obr. 7)	Bruska Holzmann MS 6000 [12] .....	27
Obr. 8)	Bruska MF 206 [13] .....	28
Obr. 9)	Bruska s přípravkem pro broušení hoblovacích nožů SVH 320 [15] .....	28
Obr. 10)	Techtongda Straight knife grinder [16] .....	29
Obr. 11)	Straight knife grider TG – 5000 [17] .....	30
Obr. 12)	Obrázek nože s požadovanými rozsahy rozměrů .....	32
Obr. 13)	I. Koncepční varianta brusky hoblovacích nožů .....	33
Obr. 14)	II. Koncepční varianta brusky hoblovacích nožů.....	33
Obr. 15)	III. Koncepční varianta brusky hoblovacích nožů.....	34
Obr. 16)	Mískovitý kotouč [18] .....	38
Obr. 17)	Elektromotor Siemens 1LE10020 – CA32 – 2NA4 [19] .....	39
Obr. 18)	Síly působící na obrobek .....	40
Obr. 19)	Hliníkový konstrukční systém a příslušenství [20] .....	40
Obr. 20)	Vodící tyče, domky s kuličkovými pouzdry a podpory [21].....	41
Obr. 21)	Schéma určující potřebnou deklu vodících tyčí .....	42

Obr. 22)	Průběh průhybu vodící tyče .....	43
Obr. 23)	Bruska hoblovacích nožů.....	44
Obr. 24)	Nosná konstrukce brusky.....	45
Obr. 25)	Úhelník .....	46
Obr. 26)	Spojení brusného kotouče s hřídelem.....	47
Obr. 27)	Pohled na vodící tyče.....	48
Obr. 28)	Pohybový šroub osy Z .....	49
Obr. 29)	Pohybový šroub osy X.....	50
Obr. 30)	Matice pohybového ustrojí X .....	50
Obr. 31)	Čelo.....	51
Obr. 32)	Upínač.....	52
Obr. 33)	Boční pohled na upínač .....	52
Obr. 34)	Kryt brusného kotouč .....	53
Obr. 35)	Krycí plechy .....	54
Obr. 36)	Krycí měch s přírubovým zakončením a vodícím kluzákem [23].....	54



## 11 SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1 – 3D Model Bruska\_hoblovacích\_nožů.stp

### Seznam přiložených výkresů:

Příloha 2 – Výkres součásti	Čelo_Z.pdf	BP-21-2/A3
Příloha 3 – Výkres součásti	Oko_svěrné.pdf	BP-21-3/A4
Příloha 4 – Výkres součásti	Trapézový_šroub_Tr_12x3_L720.pdf	BP-21-4/A3
Příloha 5 – Výkres součásti	Upínací_deska.pdf	BP-21-5/A3
Příloha 6 – Výkres sestavy	Upínač.pdf	BP-21-6/A3
Příloha 7 – Výkres sestavy	Bruska_hoblovacích_nožů.pdf	BP-21-1/A1